



**MARIA MARGARIDA  
MARECOS DUARTE  
CASQUEIRO**

**Estudo dos Procedimentos de M & V em Projectos  
de Eficiência Energética**



**MARIA MARGARIDA  
MARECOS DUARTE  
CASQUEIRO**

**Estudo dos Procedimentos de M & V em Projectos  
de Eficiência Energética**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Joaquim José Borges Gouveia, Professor catedrático do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

## **o júri**

presidente

**Professor Doutor Nelson Amadeu Dias Martins**

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

**Professor Doutor Vasco Nuno Guedes Ferreira**

Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

**Professor Doutor Joaquim José Borges Gouveia**

Professor Catedrático do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Quero agradecer ao meu orientador, Professor Joaquim Borges Gouveia pela sabedoria, compreensão e amizade, com que me orientou durante o percurso de elaboração desta tese.

À minha família pelo espaço físico e temporal que me concedeu para que este objectivo se concretizasse e o sonho se tornasse realidade.

Ao meu filho, João Carlos, fonte de força e inspiração. Não deixaremos de reinventar o mundo.

Aos amigos que me apoiaram.

Aos que não acreditaram em mim e assim me fizeram evoluir e transpor barreiras.

**palavras-chave**

Eficiência Energética; IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol; Medição e Verificação; Medidas de Racionalização de Energia; Plano de Medição e Verificação.

**resumo**

A energia, tornou-se um bem económico decisivo no desenvolvimento económico e social e por isso obriga os organismos internacionais, nacionais e locais a uma maior atenção às novas formas de negócio, à sua utilização eficiente e aos efeitos provocados pelas emissões de CO<sub>2</sub>.

É nesta conjuntura que se desenvolvem procedimentos de Medição & Verificação ajustados às condições de cada projecto de racionalização energética, fundamentais à auditoria do projecto durante o seu tempo de vida, justificando os investimentos e avaliando a poupança de forma independente. Vê – se reforçado o papel da Medição & Verificação para monitorizar, supervisionar, controlar e gerir as medidas de racionalização de energia já executadas, em curso ou a efectuar.

É apresentado o Plano de Medição e Verificação de acordo com o IPMVP, EVO 10000 – 1:2009 (PT) para o projecto de racionalização de consumo de energia em residências de estudantes da Universidade de Aveiro.

**keywords**

Energy Efficiency; IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol; Measurement & Verification; Energy Efficiency Measures; Measurement & Verification Plan.

**abstract**

The energy became a crucial economic asset contributing for the economic and social development and therefore requires the attention of the authorities at the international, national and local level to promote the efficient use of the energy, to promote renewable energy, to develop new models of energy business, and to minimize the effect of CO<sub>2</sub> emissions.

In this scenario we must developed procedures for Measurement & Verification adjusted to the conditions of each efficiency energy project. Measurement & Verification Protocols are essential to audit in an independent way the project during its lifetime, justifying investments and savings. The role of Measurements & Verification is to monitor, evaluate, report and justify efficiency energy measures already implemented or in progress.

The measurement and verification plan for the energy efficiency project of Aveiro University student residences according to the IPMVP, EVO 10000 – 1:2009 (PT), is presented.

## Índice

Índice .....	i
Lista de figuras .....	ii
Lista de Abreviaturas e símbolos .....	iii
Capítulo 1- Introdução .....	1
1.1.Enquadramento.....	1
1.2.Objectivos.....	5
1.3. Metodologia .....	6
1.4.Estrutura – Âmbito da dissertação .....	6
Capítulo 2 - Estado de arte .....	8
2.1. O papel das ESCO .....	8
2.2 Protocolos de Medição e Verificação .....	9
2.3. Medição e Verificação.....	11
2.4. As quatro opções do IPMVP, A, B, C e D .....	13
2.4.1 Opção A – Medição isolada – Medição dos parâmetros chave .....	13
2.4.1.1 Onde se aplica melhor a opção A.....	14
2.4.2. Opção B: medição de todos os parâmetros.....	14
2.4.2.1. Onde se aplica melhor a opção B.....	15
2.4.3. Porque escolher a opção A ou B .....	15
2.4.4 Opção C: Toda a instalação .....	15
2.4.4.1. Onde se aplica melhor a opção C.....	16
2.4.5. Opção D: simulação calibrada .....	16
2.4.5.1 Onde se aplica melhor a opção D .....	17
2.5. Escolha da opção do IPMVP melhor adaptada a cada projecto .....	17
2.6. Plano de M&V.....	23
2.6.1. Ponto a abordar num plano de M&V .....	23
2.6.1.1 Tópicos específicos a abordarem para as opções A e D ..	25
2.7. Equilíbrio entre incerteza e custo .....	26
2.8. Comportamento humano .....	26
Capítulo 3 – Organização e explicação dos procedimentos de M&V.....	27
3.1. Nota Prévia .....	27
3.2. Apresentação do Projecto.....	27
3.3. Plano de Medição e Verificação .....	28
3.3 Anexos ao Plano de Medição e Verificação .....	38
Capítulo 4.Caso de estudo.....	39
4.1. Apresentação do caso de estudo .....	39
4.2. Plano de Medição e Verificação para as Residências 1 e 2 da Universidade de Aveiro.....	41
4.3. Anexos ao Plano de Medição e Verificação .....	53
4.3.1 Relatório de verificação .....	53
Capítulo 5. Conclusões e Perspectivas Futuras .....	54
Referências Bibliográficas .....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lógica comum usada na selecção da melhor opção do IPMVP .....	21
Figura 2 – Diagrama de decisão para a escolha da M&V .....	22
Figura 3 - A lei dos retornos decrescentes para M&V .....	26
Figura 4 - Consumo de energia eléctrica em kWh no período de referência. ....	46
Figura 5 - Consumo de gás natural em kWh no período de referência. ....	46



## Lista de Abreviaturas

EE	Eficiência Energética
ENE–2020	Estratégia Nacional para a Energia
ESCO	Energy service companies
EVO	Efficiency Valuation Organization
FEMP	Federal Energy Management Program
GEE	Gases com Efeito de Estufa
IPMVP	International Performance Measurement and Verification Protocol ou Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético
M&V	Medição e Verificação; Measurement & Verification
MRE	Medidas de Racionalização de Energia
PNAC	Plano Nacional para as Alterações Climáticas
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PNALE	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
PREn	Plano do Consumo de Energia
SGCIE	Sistema de Gestão dos consumos Intensivos de Energia

## Capítulo 1- Introdução

### 1.1.Enquadramento

A energia, mais do que nunca, tornou-se um bem económico decisivo no desenvolvimento económico e social e por isso obriga os organismos internacionais, nacionais e locais a uma maior atenção às novas formas de negócio, à sua utilização eficiente e aos efeitos provocados pelas emissões de CO<sub>2</sub> [1].

A gestão eficiente de energia corresponde a um conjunto das medidas institucionais e funcionais implementadas para garantir a aplicação da política energética e para assegurar ao nível microeconómico o abastecimento, o armazenamento, a transformação, a distribuição e a utilização de energia bem como a gestão dos resíduos nas condições prescritas. Temos assistido, nos últimos anos, à promoção da gestão eficiente da energia através da transposição para a lei portuguesa de legislação europeia e adopção de nova regulamentação, da aplicação de incentivos às empresas e aos pequenos consumidores, à tarifação e a acções de marketing. [2]

A matriz energética nacional revela ainda uma grande dependência do mercado externo o que torna o sistema energético nacional vulnerável face às oscilações no mercado internacional, do preço dos combustíveis primários.

A adopção de tecnologias e comportamentos conducentes à racionalização energética assume-se como uma prioridade no mundo global em que vivemos. Para além de diversificar as fontes de energia utilizadas, reduzindo a dependência do petróleo, importa racionalizar o seu uso educando para a eficiência energética e alterando hábitos de consumo. Há que racionalizar toda a cadeia/fileira melhorando a eficiência na produção, transporte e consumo de energia.

As preocupações ambientais surgem na agenda internacional em 1972 na conferência de Estocolmo, mas somente em 1980 é publicada a Estratégia Mundial para a Conservação, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN). Surge o conceito de desenvolvimento sustentável. Em 1987, o relatório Brundtland define como sustentabilidade *“a capacidade de satisfazer as necessidades das gerações actuais sem comprometer as possibilidades das gerações futuras”* e defende um desenvolvimento com preocupações ambientais, assumidas como compromisso internacional na Conferência do Rio de Janeiro em 1992. Esta foi a primeira negociação a nível mundial em que se discutiu a importância das reformas dos sistemas energéticos de modo a considerar a sua dimensão ambiental. Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável considera três dimensões: a económica, a social e a ambiental que se relacionam entre si segundo o modelo de Sadler e Jacobs, com o intuito de reduzir o consumo dos recursos naturais finitos mantendo a competitividade económica e a coesão social[3].

O protocolo de Quioto constituiu mais um marco importante, foi pela primeira vez fixado um compromisso de redução da emissão de GEE à escala global vinculativo, de pelo menos 5,2 % de redução em 2008-2012, face aos valores de 1990. O esforço de redução é variável entre os países signatários. A União Europeia comprometeu-se a uma redução global de 8%, definido, ao abrigo do compromisso comunitário de partilha de responsabilidades, que prevê metas diferenciadas para cada um dos estados membros. Portugal comprometeu-se a um aumento de emissão de GEE de 27% no período de 2008 a 2012 face a 1990.

O Protocolo foi inicialmente adoptado em 11 Dezembro de 1997 no Kyoto , Japão, foi ratificado por Portugal a 31 de Maio de 2002 e entrou em vigor a 16 de Fevereiro de 2005.

Em Dezembro de 2009, dirigentes de países de todo o mundo reuniram-se, em Copenhaga, para chegar a acordo sobre um tratado que dê seguimento ao protocolo de Quioto. O objectivo traçado pelo acordo é limitar o aquecimento planetário a 2 °C em relação aos níveis pré-industriais, prevendo um montante de 30 mil milhões de dólares a curto prazo (para 2010, 2011 e 2012), até 100 mil milhões de dólares até 2020, destinado a apoiar os países mais vulneráveis na adaptação aos impactes das alterações climáticas. A UE propôs atingir uma redução de 30% das emissões em relação ao nível de 1990, como contributo para um acordo global e abrangente para o período pós-2012, desde que outros países desenvolvidos se comprometessem a atingir uma redução comparável das suas emissões e que os países em desenvolvimento para ela contribuam também de acordo com as suas responsabilidades e capacidades. Sob o lema, liderar pelo exemplo, a União Europeia comprometeu-se a implementar uma legislação vinculativa, mesmo sem um acordo satisfatório em Copenhaga. Em Dezembro de 2009, a União Europeia reviu o seu sistema de licenças de emissão de carbono chamado o Emissions Trading Scheme (ETS) projectado para o período pós-Quioto (após 2013) Esta nova etapa do sistema tem por objectivo reduzir os GEE emitidos na Europa de forma obrigatória e, evidenciando os compromissos que a UE já tinha assumido antes da reunião de Copenhaga<sup>[4]</sup>.

Vine Edwards escreveu a este propósito em 2000 que eram necessários protocolos de monitorização, avaliação, relatório, e certificação, (monitoring, evaluating, reporting, verifying, and certifying, MERV, guidelines) aplicados aos projectos de eficiência energética para determinar com mais rigor o seu impacto na emissão de gases com efeito de estufa e para assegurar que o clima global é protegido e as obrigações de cada país cumpridas <sup>[5]</sup>.

Verifica-se que apesar da subida de preço da energia o seu consumo continua a aumentar e é difícil aplicar medidas de controlo.

O choque petrolífero de 2008, que serviu de catalisador da última grave crise económica mundial, bem como a percepção crescente do problema das alterações climáticas, evidenciam a necessidade de Portugal tornar o seu consumo energético mais racional e eficiente, especialmente no que diz respeito ao consumo directo de derivados de petróleo <sup>[6]</sup>.

O interesse pela eficiência energética, como uma estratégia de investimento segura ou como política pública necessária, nunca foi maior. Por isso, existe uma necessidade contínua de métodos de normalização para quantificar os resultados dos investimentos em eficiência energética [7].

A energia, mais do que nunca, tornou-se um bem económico decisivo no desenvolvimento económico e social e por isso obriga os organismos internacionais, nacionais e locais a uma maior atenção às novas formas de negócio, à sua utilização eficiente e aos efeitos provocados pelas emissões de CO<sub>2</sub> [1]. É nesta conjuntura que se desenvolvem procedimentos de medição e verificação, (M&V) ajustados às condições de cada projecto de eficiência energética, (EE) fundamentais à auditoria do projecto durante o seu tempo de vida, justificando os investimentos e avaliando a poupança de forma idónea.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril, que aprova a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020), prevê, o crescimento e a independência energética e financeira de Portugal através da aposta nas energias renováveis e da promoção integrada da eficiência energética, garantindo a segurança de abastecimento e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético preconizado, contribuindo para a redução de emissões de GEE e gerando benefícios para a sociedade que progressivamente internalizados no preço da energia final permitirão assegurar melhores condições de competitividade económica[6].

A ENE 2020 composta por 5 eixos prioritários dedica o eixo 3 à promoção integrada da eficiência energética. O eixo 3 prevê o desenvolvimento do sector das *energy service companies* (ESCO's), dado que o mesmo criará um mercado de serviços de energia, com grande relevância a prazo. Prevê ainda que seja implementado o fundo de eficiência energética como o principal suporte financeiro do PNAEE, Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética.

O PNAEE, aprovado em 2008, contempla um conjunto de medidas que visam reduzir o consumo final de energia em 10 % até 2015, abrangendo os sectores de transportes, residencial e serviços, indústria e Estado e estabelecendo como áreas transversais de actuação os comportamentos, a fiscalidade, os incentivos e os financiamentos. Em 2009 o objectivo de redução do consumo de final de energia foi actualizado estabelecendo a meta de 20% em 2020.

Mais uma vez se vê reforçado o papel da M&V para monitorar, avaliar, reportar e justificar as MRE já executadas, em curso ou a efectuar.

Encontra-se subjacente à ENE 2020 que as sinergias entre iniciativas públicas e privadas ao nível da inovação comportamental serão catalisadoras de uma alteração de hábitos e comportamentos, essencial para garantir o bem - estar das populações, a robustez e a competitividade da economia e a qualidade do ambiente.

Em 2009, na sequência da Second Strategic Energy Review - Securing our Energy Future a comissão europeia propôs maior transparência na evolução das infraestruturas energéticas nos principais sectores energéticos, tais como o petróleo, (incluindo bio fuel), electricidade e gás mas também em áreas relacionadas como os transporte e armazenamento de derivados de carvão para produção de energia. A transparência em projectos de investimento em curso e planeados irá ajudar a identificar os riscos de falha nos próximos anos e a construir um ambiente favorável ao investimento.

Em Portugal o primeiro Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia foi publicado em 1982, (Decreto-lei nº. 58/82, de 26 de Fevereiro e Portaria nº. 359/82 de 7 de Abril). Viria a ser revisto em 1988 alargando a sua aplicação a todos os sectores excepto o doméstico. Em 1990 viria a ser aprovado o RGCE para o sector dos transportes.

O Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE) é aplicável a todos os sectores de actividade logo que a instalação tenha um consumo de energia anual superior a 1000 tep, a soma dos consumos energéticos nominais dos equipamentos instalados seja superior a 0,5 tep / hora ou o consumo energético nominal de pelo menos um equipamento instalado exceda os 0,3 tep/hora.

As empresas abrangidas pelo Regulamento de Gestão de Consumo de Energia, ficam obrigadas a realizar uma auditoria energética e a cumprir um plano de racionalização dos consumos de energia com um prazo de 5 anos (3 anos no caso das empresas de transportes). As empresas devem seguir a metodologia necessária para cumprir as diversas fases indicadas no RGCE o que se traduz em iniciar um processo que deverá conduzir à gestão energética da instalação em análise.

O Plano de Racionalização dos Consumos de Energia integra os resultados da auditoria energética realizada e dos planos de produção e de desenvolvimento previsto, de modo a fixar metas de redução dos consumos específicos. Deverá caracterizar as oportunidades de racionalização dos consumos de energia encontradas e respectiva análise de viabilidade e fazer o planeamento das intervenções de racionalização dos consumos de energia (eléctrica, ou outra qualquer fonte).

A reforma do RGCE viria a ocorrer com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril. Este Decreto-Lei regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia, abreviadamente designado por SGCIE e foi publicado com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações intensivas de energia. O SGCIE define quais as instalações consideradas com consumo intensivo de energia, estendendo a sua aplicação a um conjunto mais abrangente de empresas e instalações com vista ao aumento da sua eficiência energética tendo em atenção a necessidade de salvaguardar a respectiva base competitiva no quadro da economia global, ao mesmo tempo que estabelece um regime diversificado e administrativamente mais simplificado para as empresas que, já se encontravam vinculadas a compromissos de redução de emissões de CO<sub>2</sub> definidos no PNALE (Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão), embora permitindo a ambas as categorias de instalações o acesso às isenções e demais estímulos e incentivos vocacionados para a promoção de eficiência energética.

Este Sistema aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano. O SGCIE prevê que as instalações consumidoras intensivas de

energia realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, que se elaborem e executem Planos de Racionalização dos Consumos de Energia, estabelecendo acordos de racionalização desses consumos com a DGEG que, contemplem objectivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram instalações consumidoras intensivas de energia).

Os procedimentos de M&V devem acompanhar o desenvolvimento do Plano de Racionalização de Consumos sendo uma ferramenta extremamente útil nos momentos de auditoria, reporte, análise da viabilidade económica das medidas de racionalização de energia, (MRE) e pedido de financiamento ou parceria com uma ESCO. Os procedimentos de M&V aplicados a projectos de eficiência energética são uma ferramenta que permite comprovar perante terceiros de forma credível, fidedigna e reproduzível as poupanças alcançadas como resultado da implementação de medidas de racionalização de energia.

De acordo com a Efficiency Valuation Organization, (EVO), Medição e Verificação encontra-se definido como o processo de utilização de medições para determinar correctamente a poupança real dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A poupança não pode ser medida directamente, uma vez que representa a ausência do consumo de energia. Em vez disso, a poupança é determinada, comparado o consumo medido antes e depois da implementação de um projecto, fazendo os ajustes adequados para as alterações nas condições [7].

## **1.2.Objectivos**

A actualidade e inovação associadas aos planos de M&V e à adopção de metodologias e procedimentos de M&V permitindo a auditoria aos projectos de eficiência em curso despertaram o interesse e serviu de motivação à escolha do tema desta tese.

Pretende-se com este trabalho contribuir para facilitar a auditoria a projectos de eficiência energética tendo como base critérios de M&V aceites internacionalmente e passíveis de serem certificados por técnicos credenciados para tal.

A aplicação de planos de M&V faz parte de uma necessidade sentida por todos os parceiros envolvidos na implementação de medidas de racionalização de energia. ESCO's, instituições, estado, empresa, departamentos e até mesmo alguns consumidores domésticos.

Os procedimentos de M&V são fundamentais para credibilizar e dar transparência a qualquer projecto de racionalização de energia. Podem ter como objectivo aumentar a poupança de energia, documentar transacções financeiras, fundamentar o financiamento a projectos de eficiência energética, contribuir para a melhoria dos projectos de engenharia, do funcionamento e manutenção de instalações, gerir orçamentos energéticos, aumentar o valor dos créditos de redução de emissões, apoiar a avaliação de

programas de eficiência regionais ou melhorar a compreensão do público em geral acerca da gestão de energia enquanto ferramenta de política pública.

Objectivos específicos deste trabalho passam por aplicar os procedimentos de M&V a um caso concreto. Com base na auditoria realizada às residências de estudantes 1 e 2 da Universidade de Aveiro situadas no *campus* de Santiago, elaborar o Plano de Medição e Verificação que servirá de suporte ao projecto de racionalização de energia a implementar nestas residências.

### 1.3. Metodologia

A pergunta de partida formulada para o desenvolvimento desta dissertação pode ser expressa da seguinte forma: **“Como elaborar um plano de medição e verificação para um projecto de eficiência energética de acordo com as normas estabelecidas pela EVO e publicadas no Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético IPMVP, EVO 10000 1:2009 ?”**

Procurou-se estabelecer a aplicação prática dos procedimentos de M&V em projectos de eficiência energética apresentando um caso de estudo. Recorreu-se a uma auditoria energética feita às residências de estudantes 1 e 2 da Universidade de Aveiro, situadas no *campus* de Santiago. Encontravam-se disponíveis as leituras mensais dos contadores de electricidade, gás natural e água.

Procedeu-se à elaboração de um plano de Medição e Verificação de acordo com a opção C do IPMVP. A opção C é um método destinado a medições e verificações a todo o edifício e implica a utilização de contadores da empresa do sector energético.

O plano de M&V é um documento de referência que facilita o seguimento do projecto e cria um fio condutor entre as diferentes fases do mesmo.

Em condições ideais haveria oportunidade ao seguimento do projecto durante a fase de execução das medidas de racionalização de energia, haveria lugar à realização do relatório final, um ano após a conclusão das medidas de racionalização e conclusão do plano de medição e verificação.

### 1.4. Estrutura – Âmbito da dissertação

Este trabalho é composto por 5 capítulos.

Neste primeiro capítulo dá-se conta da motivação para a escolha do tema desta tese, a eficiência energética e em particular os procedimentos de medição e verificação, a adoptar em projectos de eficiência energética.

Faz-se o enquadramento legal, justifica-se a necessidade de organizar a informação na forma de um plano de M&V, define-se a estrutura do presente trabalho e estabelecem-se os objectivos do mesmo.

No capítulo 2 procurou-se retratar o estado de arte dos procedimentos de M&V.

No capítulo 3 apresenta-se o modelo de um plano de M&V de acordo com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético EVO 10000 – 1:2009 (PT), publicado pela Efficiency Valuation Organization e disponível em [www.evo-world.org](http://www.evo-world.org).

No capítulo 4 desenvolve-se o caso de estudo em que é feita a organização da informação de um projecto de eficiência energética das residências de estudantes 1 e 2 da Universidade de Aveiro ao modelo de Plano de M&V anteriormente descrito.

Por fim no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e perspectivas futuras.



## Capítulo 2 - Estado de arte

### 2.1. O papel das ESCO

As ESCO, (Energy Services Company) são empresas de serviços de conservação de energia, o seu objectivo é o estabelecimento de parceria, partilhando os resultados obtidos. As ESCO's são Empresas de Engenharia, especializadas em promover a eficiência energética e de consumo de água nas instalações dos clientes, utilizando primordialmente contratos de performance.

Faz parte do papel da ESCO identificar oportunidades para reduzir gastos com energia nas suas várias formas de utilização, avaliar as oportunidades económicas, contratar o financiamento, executar as medidas de racionalização necessárias e colocá-las em funcionamento, incluindo o Plano de Medição & Verificação.

A principal diferença entre uma ESCO e uma empresa de consultoria é que ela divide os riscos com o cliente não apenas em termos de investimentos mas também em termos de comprometer a sua remuneração com o sucesso dos resultados obtidos na redução dos custos do consumo de energia.

Especializada na condução de projectos de eficiência energética, uma ESCO é capaz de:

- identificar oportunidades,
- estudar alternativas,
- avaliar soluções técnicas, ambientais e financeiras,
- desenvolver projectos,
- gerir e implementar obras,
- instalar equipamento de medição e realizar medições,
- propor estratégias económicas e tarifárias.

A principal vantagem em contratar uma ESCO para um projecto de eficiência energética é que são especialistas no aproveitamento de oportunidades de redução de custos sem utilização de recursos próprios da empresa em que é feita a intervenção.

Para a implementação de um projecto de eficiência energética, por parte de uma ESCO as etapas normalmente seguidas são:

- Auditoria energética às instalações para identificar oportunidades de redução do consumo; caso existam oportunidades, apresentá-las ao cliente para verificar o interesse do mesmo; estabelecimento de critérios económicos;
- Diagnóstico energético da instalação, caso haja interesse do cliente; determinação da redução do consumo e da economia; determinação do investimento necessário; apresentação ao cliente;
- Assinatura do contrato de performance, caso o cliente concorde em seguir com a execução do projecto; caso o cliente opte por não seguir em frente, mesmo

atendidos os critérios económicos, o cliente deverá ressarcir à ESCO o custo do diagnóstico energético;

- Assinatura do contrato de financiamento, caso a ESCO vá utilizar recursos de terceiros para a implementação do projecto;
- Elaboração do projecto executivo e especificação de materiais e equipamentos para compra;
- Compra de materiais e equipamentos;
- Implantação;
- Medição e verificação para comprovar a redução do consumo de energia;
- Início do período de remuneração da ESCO.

O cumprimento dos níveis de serviços contratados (temperatura interior, quantidade de água, níveis de luminosidade, etc.), são regulados pelo Contrato de Performance, especificamente num Plano de Medição e Verificação<sup>[8]</sup>.

A remuneração das ESCO depende da M&V e como tal o sucesso destas empresas e do seu modelo de financiamento depende da utilização de procedimentos de M&V aceites por todas as partes intervenientes no contracto de desempenho energético<sup>[8]</sup>.

As Energy Service Company, ESCO são apontadas como um dos modelos de negócio mais inovador.

Existem dois principais modelos de contratos de desempenho energético. O modelo da poupança compartilhada e o modelo de poupança garantida. De acordo com o primeiro modelo, as economias de custos são compartilhadas pela ESCO e o cliente numa percentagem pré-determinada e por um número fixo de anos. No segundo modelo, o modelo de economia garantida, a ESCO garante um certo nível de poupança de energia ao cliente. Este modelo tem a vantagem de que as taxas de juros são geralmente muito menores. Em contraste, no modelo de partilha de poupanças, a ESCO assume tanto o risco de desempenho energético como o risco de crédito <sup>[9]</sup>.

## **2.2. Protocolos de Medição e Verificação**

A EVO, Efficiency Valuation Organization nasceu com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético, IPMVP. Um comité de voluntários reuniu-se no âmbito de uma iniciativa do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América para desenvolver um protocolo internacional de M&V que ajudasse a determinar as poupanças de energia resultantes da implementação de projectos de eficiência energética de forma consistente e reproduzível.

Durante a década de 1990 os investimentos em projectos de eficiência energética ficaram aquém do esperado devido à elevada incerteza associada a poupanças futuras de energia. Esta incerteza ocorreu, em parte, devido à existência de múltiplos protocolos de medição e verificação, por vezes inconsistentes entre si. Estas inconsistências resultaram numa

multiplicidade de abordagens de engenharia à eficiência das instalações e medição da poupança.

Em 1994 iniciou-se um esforço para estabelecer um consenso internacional quanto aos métodos de determinar as poupanças de energia e água devidas a MRE e promover investimentos tripartidos em projectos de eficiência energética. Esta iniciativa juntou primeiro especialistas em eficiência energética dos Estados Unidos e Canadá e mais tarde de todo o mundo. Um dos grandes objectivos desta iniciativa era ajudar a criar um mercado de investimento em eficiência energética desenvolvendo um conjunto congruente de opções de M&V que pudessem ser aplicadas de forma uniforme, resultando poupanças fidedignas durante o tempo de vida dos projectos.

É publicado em 1996 o NEMVP - North American Energy Measurement and Verification Protocol, o primeiro protocolo Norte-Americano de medição e verificação de energia. O NEMVP estabeleceu uma primeira grelha de trabalho para práticas industriais padrão.

Em 1997 foi publicado o primeiro IMPVP reflectindo o carácter internacional que este documento conquistou. Sendo a água reconhecida como um recurso crítico, a par da energia, a água foi pela primeira vez incluída na versão de 1997.

Em 2001 foi publicada uma nova revisão incluindo o IMPVP, volume I e II. Neste mesmo ano foi criada uma organização sem fins lucrativos, o IMPVP Inc. com o objectivo de actualizar e alargar os conteúdos do documento sempre que o IPMVP pudesse trazer valor acrescentado.

Em 2002 a IMPVP Inc. associou-se à Association of Energy Engineers, (AEE) e iniciaram a certificação de técnicos de medição e verificação, (CMVP) contribuindo o programa de formação para melhorar o nível profissional e desempenho prático dos técnicos envolvidos na medição e verificação.

Em 2004 e traduzindo o carácter internacional da organização o IMPVP Inc. deu origem à EVO. Áreas programáticas adicionais da EVO incluíram a International Energy Efficiency Finance Protocol, (IEEFP) e o International Program Evaluation Protocol, (IPEP). Em 2005 integraram a EVO mais quatro países, para além dos EUA e Canada, dando corpo ao crescimento e projecção internacional da EVO.

As edições de 2007 e 2009 do IMPVP volume I foram traduzidas em várias línguas incluindo o Português e encontram-se disponíveis para download no endereço electrónico da EVO[1].

O IPMVP 2009 é um documento de referência que fornece uma base de trabalho conceptual para a medição, contagem e reporte das poupanças alcançadas pelos projectos de eficiência energética e água das instalações. Este documento define os termos chave destaca os assuntos que devem ser considerados ao desenvolver um plano de M&V mas não fornece detalhe relativamente a medidas específicas ou tecnologias [10]. Desenvolvido a partir de um esforço conjunto entre indústria, organizações governamentais, financeiras e outras o IPMVP é usado como estrutura para os procedimentos de M&V, fornece quatro opções de M&V e endereça os assuntos relacionados com o uso de M&V em projectos com financiamento tripartido [10].

Existem orientações de M&V desenvolvidas por vários organismos e amplamente aceites. Há tendência para que os métodos e terminologia se encontrem harmonizados com os

procedimentos publicados pela EVO e de acordo com o IPMVP. Exemplos disto são as orientações de M&V publicadas pela Federal Energy Management Program, FEMP, que são uma aplicação do IPMVP a Super Energy Savings Performance Contract (Super ESPC) [10]. O FEMP foi desenvolvido em paralelo ao IMPVP, usa a mesma nomenclatura e terminologia e destina-se a reduzir os custos de energia do governo dos Estados Unidos, é dirigido a projectos do sector público.

A ASHRAE, define também procedimentos de M&V para AVAC, tendo publicado a Guidelines 14-2002 – Measurement of Energy and Demand Savings. Este documento da American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc. fornece pormenores complementares ao IPMVP [11].

Em França, o CLUBS2E publicou também guias de M&V baseados no IPMVP harmonizando a legislação francesa e comunitária. Esta organização considera que o desafio colocado pela utilização de um quadro formal, ao mesmo tempo que se conserva a flexibilidade inerente à variabilidade dos projectos de eficiência energética, encontram uma resposta adequada no IPMVP, protocolo internacional de M&V de eficácia energética [12;13]. Os guias publicados pelo CLUBS2E orientam os profissionais e utilizadores na aplicação prática do IPMVP.

O IPMVP é amplamente adoptado em todo o mundo por grandes grupos de utilizadores em que se incluem os promotores de contractos de desempenho energético, clientes do sector imobiliário e industrial, consumidores de energia a fazer a sua própria racionalização de energia e querendo contabilizar a poupança, gestores de instalações, técnicos de concepção de novos edifícios que procuram reconhecimento para a sustentabilidade das soluções encontradas, técnicos e gestores de programas de gestão de procura de energia e técnicos de concepção do mercado de redução de emissões. Os intervenientes no mercado de crédito de emissões encontram nos planos de M&V desenvolvidos de acordo com o IPMVP suporte documental e de argumentação.

### **2.3. Medição e Verificação [7]**

Nesta tese sempre que se fala em medidas de racionalização de energia, MRE pretende-se fazer referência a medidas de conservação de energia e de eficiência energética.

A Medição e Verificação é o processo de utilização de medidas para determinar de modo seguro a poupança real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A poupança não pode ser medida directamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia. Por sua vez, a poupança é determinada comparando o consumo medido antes e depois da implementação de um projecto, fazendo ajustes adequados tendo em conta alterações nas condições.

As actividades de M&V consistem em algumas ou em todas as seguintes acções:

- Instalação, calibração e manutenção de contadores,
- recolha e tratamento de dados,
- desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis,

- cálculos com dados medidos, e
- reportar, garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

A verificação do potencial em gerar poupança não deve ser confundida com a M&V pois não adere ao IPMVP uma vez que não é necessária uma medição de energia no local.

Uma boa prática de M&V tem como princípios ser completa, conservadora, consistente, precisa, relevante e transparente.

A poupança é entendida como a redução no consumo ou custo de energia. Para tal são usadas as medições efectuadas antes da implementação das medidas de racionalização de energia, também designado por período de consumo de referência e as medições durante o período de reporte, após a implementação das medidas de racionalização de energia. O consumo de referência ou custo da energia de referência têm muitas vezes que ser ajustados para reflectir alterações no uso das instalações. São disso exemplo o aumento ou diminuição da produção em instalações fabris ou a taxa de ocupação e regime de ocupação de edifícios.

A poupança é habitualmente traduzida pela equação 1):

$$\text{Poupança} = (\text{Consumo durante o período de consumo de referência} - \text{Consumo durante o período de reporte}) \pm \text{Ajustes}$$

1)

Para reportar adequadamente a poupança os ajustes devem explicar as diferenças nas condições entre o consumo de referência e os períodos de reporte.

Ao determinar o período do consumo de referência deve-se ter o cuidado de cobrir um ciclo de funcionamento completo que pode corresponder a um ano, a uma semana, o espaço de tempo que se considere necessário e adaptado às condições de cada projecto e em que se verifique o consumo máximo e mínimo de energia. Em muitos casos o período de consumo de referência corresponde a um ano, o consumo de energia encontra-se estreitamente relacionado com a temperatura exterior. Há que considerar para o período de reporte pelo menos um ciclo completo de funcionamento.

A poupança pode ser determinada para uma instalação como um todo ou apenas para parte dela, dependendo do objectivo a alcançar. A fronteira de medição é o limite imaginário estabelecido à volta do equipamento e/ou sistemas para separar aqueles que são relevantes para a poupança daqueles que não o são. Todos os consumos de energia do equipamento ou sistemas dentro da fronteira de medição devem ser medidos ou estimados, quer os consumos de energia estejam ou não dentro do limite.

Os ajustes podem ser periódicos ou não – periódicos. Os ajustes periódicos aplicam-se a quaisquer factores que rejam a energia e se espera que mudem periodicamente durante o período de reporte como por exemplo o clima. Devem ser usadas técnicas matemáticas válidas para obter o método de ajuste para cada plano de M&V.

Os ajustes não periódicos são feitos para aqueles factores regidos pela energia que não se espera que mudem tal como o tamanho da instalação, a concepção e funcionamento do

equipamento ou o tipo de ocupantes. Estes factores estáticos devem ser monitorizados para detectar alterações durante o período de reporte.

O IPMVP fornece quatro opções para determinar a poupança (A, B, C e D).

## **2.4. As quatro opções do IPMVP, A, B, C e D**

O IPMVP fornece quatro opções para determinar a poupança (A, B, C e D). A escolha entre as várias opções implica muitas considerações e deverá ser tomada em conjunto pelos vários intervenientes no projecto. Deverá ser tomado em consideração o binómio custo – precisão também designado incerteza – custo.

A existência de 4 opções permite-nos alguma flexibilidade no custo e no método de avaliação das economias. A escolha da opção também está directamente relacionada com a precisão e o custo de implementação. É importante lembrar que todos os métodos usados para determinar economias são estimados. As opções descritas foram criadas para satisfazer as necessidades de uma grande gama de contratos que usam as economias para determinar o pagamento de financiamentos (recursos utilizados para a realização dos serviços). É importante perceber as limitações, bem como o poder de cada método apresentado. A primeira técnica utilizada baseou-se na comparação das facturas de energia antes e depois da implementação das medidas de racionalização de energia a opção C do IPMVP. O valor bruto das contas era corrigido pelos efeitos pertinentes das variações do clima, ocupação dos edifícios, produção e outras mudanças ocorridas no uso da instalação. Com o passar do tempo, ocorreram situações em que a aplicação desta técnica se tornava muito complicada. Surgiram então outras técnicas que isolam a área modificada do restante da instalação e executam medições pertinentes: a opção A mede alguns parâmetros, chamados parâmetro chave, e estima outros e a opção B mede todos os principais parâmetros com efeito na economia de energia (alternativa tornada viável pela automação e instrumentação dos edifícios). Posteriormente, surgiu uma opção D que, na falta de parâmetros que possam ser medidos (por exemplo, em novas instalações), cria um algoritmo, geralmente implementado em *software*, para medição da economia atingida. Esta opção também é usada para modelar a participação individual de medidas num conjunto de acções implementadas numa instalação e medidas pelo seu efeito global no medidor da instalação

[10].

### **2.4.1 Opção A – Medição isolada – Medição dos parâmetros chave**

Procede-se à medição dos parâmetros chave, as quantidades de energia na equação para determinação da poupança podem ser derivadas de um cálculo, usando uma combinação de medições de alguns parâmetros e estimativas dos outros. Tais estimativas devem apenas ser usadas onde se possa mostrar que a incerteza combinada de todas estas estimativas não afectarão significativamente a poupança global reportada. É preciso decidir quais são os parâmetros a medir e quais são os que devem ser estimados, tendo em consideração a contribuição de cada parâmetro para a incerteza global da poupança

reportada. Os valores estimados e a análise da sua importância devem ser incluídos no plano de M&V<sup>[7]</sup>.

Quando se sabe que um parâmetro, é constante e que não se espera que venha a ser influenciado pela MRE, então a sua medição durante o período de reporte é suficiente e considerada também a medição do período de referência.

Sempre que um parâmetro, conhecido por variar independentemente, não for medido na instalação durante os períodos do consumo de referência e de reporte, o parâmetro deve ser tratado como uma estimativa <sup>[7]</sup>.

Cálculos de engenharia ou modelação matemática podem ser usados para avaliar a importância dos erros na estimativa de qualquer parâmetro na poupança reportada.

O custo de estimar um parâmetro é muitas vezes significativamente menor do que o custo da medição, fazendo com que a opção A possa ser menos dispendiosa do que as outras opções. No entanto, em algumas situações onde a estimativa é a única possibilidade, uma boa estimativa pode ser mais dispendiosa do que se fosse possível a medição directa. A planificação dos custos para a opção A deve ter em conta a análise, estimativa, instalação dos aparelhos de medição e o custo para ler e registar os dados <sup>[7]</sup>.

#### **2.4.1.1 Onde se aplica melhor a opção A**

Para além das melhores aplicações de isolamento da MRE a opção A é melhor aplicada onde:

- A incerteza criada pela estimativa é aceitável.
- A eficácia contínua da MRE pode ser avaliada por uma simples inspecção de rotina dos parâmetros chave.
- Nos casos onde a medição (opção B) ou simulação (opção D) são mais dispendiosos que a estimativa.
- O(s) parâmetro(s) chave usado(s) no cálculo da poupança pode(m) ser facilmente identificado(s). Os parâmetros chave são usados para julgar o desempenho energético de um projecto ou o desempenho de um promotor de contratos [1].

#### **2.4.2. Opção B: medição de todos os parâmetros**

A opção B é destinada às medidas de racionalização de energia com um perfil de carga variável. Tanto os parâmetros chave como os factores operacionais são medidos em curto prazo, continuamente em todo o período de vigência do contracto ao nível do equipamento ou do sistema <sup>[5]</sup>. Requer a medição de todas as quantidades de energia ou de todos os parâmetros necessários para calcular a energia [1].

A poupança criada pela maior parte dos tipos de MRE pode ser determinada com a Opção B. No entanto, o grau de dificuldade e os custos aumentam em função do aumento da complexidade da medição. Os métodos da Opção B serão geralmente mais difíceis e dispendiosos do que os da Opção A. Todavia, a Opção B produzirá resultados mais precisos onde as cargas e/ou aos padrões de poupança são variáveis.

A poupança é determinada pela medição no terreno do consumo de energia do sistema afectado pela MRE.

Espera-se um custo inicial entre 2 e 8% e um custo operacional anual entre 0,5 e 3% [5].

#### **2.4.2.1. Onde se aplica melhor a opção B**

Para além dos métodos de medição isolada de MRE mencionados acima, a opção B é melhor aplicada onde:

- Os contadores acrescentados para fins de isolamento serão empregues para outros fins (p. ex. facturação de um arrendatário, informação operacional).
- A simulação (opção D) é mais dispendiosa do que a medição de todos os parâmetros.
- A poupança ou as operações dentro da fronteira de medição são variáveis.

#### **2.4.3. Porque escolher a opção A ou B**

A poupança gerada pela maioria dos tipos de MRE pode ser determinada com a opção B. no entanto, o grau de dificuldade e os custos aumentam com a complexidade da medição. Os métodos da opção B são geralmente mais difíceis e dispendiosos que os da opção A. Todavia a opção B produzirá resultados mais precisos onde as cargas e/ou os padrões de poupança são variáveis. Estes custos adicionais podem ser justificáveis se um promotor de contractos for responsável por todos os factores que influenciem a poupança de energia [7].

#### **2.4.4 Opção C: Toda a instalação**

A Opção C destina-se a projectos onde a poupança esperada é grande comparada com as variações de energia aleatórias ou inexplicáveis que ocorrem ao nível de toda a instalação [7]. É um método destinado a medições e verificações a todo o edifício onde os sistemas de energia são interactivos (p. ex. sistema eficiente de iluminação que reduz a carga dos sistemas de arrefecimento) [5], implica a utilização de contadores da empresa do sector energético, EDP distribuição, contadores de toda a instalação, ou contadores parciais para avaliar o desempenho energético de toda a instalação [7].

A poupança é determinada pela medição do consumo de energia ao nível de toda a instalação, a fronteira de medição inclui ou toda a instalação ou uma grande parte desta. Medições contínuas do consumo de energia de toda a instalação são efectuadas durante o período de reporte [7].

Cálculos de engenharia baseados em análises estatísticas de toda a instalação usando técnicas de simples comparação até análise de regressões multivariáveis [5].

Normalmente, na análise é realizada uma correlação com a utilização de energia e ajuste por parte de variáveis independentes, tais como condições meteorológicas, mas comparações simples também podem ser usadas [10].

Estima-se um custo inicial entre 0,5 e 3% se for considerada uma análise baseada nas facturas da empresa de serviços energéticos, um custo inicial entre 2 e 8% se for consideradas medições horárias e um custo operacional anual entre 0,5 e 3% [5].



A modelação matemática pode avaliar variáveis independentes se estas forem cíclicas. A análise de regressão e outras formas de modelação matemática podem determinar o número de variáveis independentes a considerar nos dados do consumo de referência. As variáveis independentes mais comuns são o clima, o volume de produção e a ocupação [7].

#### **2.4.4.1. Onde se aplica melhor a opção C**

A opção C aplica-se melhor onde:

- O desempenho energético de toda a instalação seja avaliado (não só das MRE).
- Existam muitos tipos de MRE numa instalação.
- As MRE impliquem actividades cujo consumo individual de energia é difícil de medir separadamente (p. ex. melhoramento de paredes ou janelas, formação de operador).
- A poupança é grande quando comparada com a variação dos dados no consumo de referência, durante o período de reporte.
- Quando as técnicas de medição isoladas de MRE (Opção A ou B) são excessivamente complexas. Por exemplo, quando efeitos interactivos ou interacções entre MRE são substanciais.
- Não são previstas grandes mudanças futuras na instalação durante o período de reporte.
- Podem-se encontrar correlações razoáveis entre o consumo geral de energia e outras variáveis independentes [7].

#### **2.4.5. Opção D: simulação calibrada**

A opção D, Simulação calibrada, implica a utilização de um software de simulação computadorizado para prever a energia da instalação para um ou ambos os termos da equação 1.

Um modelo de simulação deve ser "calibrado" de modo a prever um padrão de energia que corresponda aproximativamente aos verdadeiros dados medidos [7]. Os modelos devem ser calibrados com dados reais horários ou mensais provenientes de facturas [5]. A Opção D pode ser usada para avaliar o desempenho energético de todas as MRE numa instalação, semelhante à Opção C. No entanto, a ferramenta de simulação da Opção D permite também estimar a poupança atribuível a cada MRE num projecto de múltiplas MRE [7].

As entradas do modelo incluem características da instalação, especificações de desempenho de equipamentos novos e já existentes, estimativas de engenharia e medições da instalação a longo prazo. Depois de o modelo ser calibrado, as poupanças são determinadas através da comparação da simulação do período de consumo de referência com uma simulação do período de reporte ou dados actuais da instalação [10]. Prevê-se um custo inicial entre 2 e 8% e um custo operacional anual entre 0,5 e 3% [5].

#### **2.4.5.1 Onde se aplica melhor a opção D**

A opção D é melhor aplicada onde:

- Os dados de energia do consumo de referência ou do período de reporte não são de confiança ou não estão disponíveis.
- Existem demasiadas MRE para avaliar (usando as opções A ou B)
- Desempenho energético de cada MRE será estimado individualmente dentro de um projecto de múltiplas MRE, mas os custos das Opções A ou B são excessivos.
- Interações entre as MRE ou os efeitos interactivos da MRE são complexos, fazendo com que as técnicas de isolamento das Opções A e B sejam impraticáveis.
- A instalação e as MRE podem ser modeladas por software de simulação bem documentado.
- O software de simulação prevê dados medidos de calibração com uma precisão aceitável [7].

#### **2.5. Escolha da opção do IPMVP melhor adaptada a cada projecto**

Apresentam-se em seguida duas tabelas e um diagrama de decisão que poderão facilitar a compreensão das quatro opções do IPMVP, os casos a que se aplicam e orientar o técnico na escolha da opção do IPMVP mais adequada a cada projecto.

A tabela 1 sumariza para cada uma das quatro opções do IPMVP as suas principais características, como é feito o cálculo da poupança e as aplicações típicas de cada uma delas.

Na tabela 2 sistematiza-se a comparação entre as opções A a D do IPMVP tendo como critérios:

- Identificação pelo procedimento mais comum,
- verificação do potencial de gerar economias,
- condições de uso da opção,
- frequência de leitura,
- cálculo das economias,
- custo,
- tipo de projecto e responsabilidade da ESCO,
- precisão esperada,
- verificações necessárias,
- factores de correcção para mudanças na instalação.

De notar que relativamente ao custo das opções são indicados valores diferentes dos publicados por Vine<sup>[5]</sup> e citados no texto.

O diagrama de decisão, figura 1, esquematiza a lógica mais comum usada na selecção da melhor opção do IPMVP.

Opção IPMVP	Como calcular a poupança	Aplicações típicas
<p><b>A. Medição Isolada da MRE: Medição dos parâmetros chave</b></p> <p>A <i>poupança</i> é determinada pela medição no terreno dos parâmetros chave do desempenho energético, que define o consumo de <i>energia</i> dos sistemas afectados pela <i>MRE</i> e/ou o sucesso do projeto.</p> <p>A frequência da medição vai desde o curto prazo a contínua, dependendo das variações esperadas no parâmetro medido e da duração do <i>período de reporte</i>.</p> <p>Os parâmetros que não são seleccionados para medição no terreno são <i>estimados</i>. As <i>estimativas</i> podem basear-se em dados históricos, especificações do fabricante ou avaliação da engenharia. É necessária a documentação da fonte ou justificação do parâmetro <i>estimado</i>. O erro de <i>poupança</i> provável que surge da <i>estimativa</i> em vez da medição é avaliado.</p>	<p>Cálculo de engenharia do <i>consumo de referência</i> e do <i>consumo do período de reporte</i> a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Medições a curto prazo ou contínuas de parâmetros chave de funcionamento; e</li> <li>○ Valores <i>estimados</i>.</li> </ul> <p><i>Ajustes periódicos e não-periódicos</i> como exigido.</p>	<p>A MRE da iluminação onde a energia requerida é o parâmetro chave de desempenho energético, que é medido periodicamente. Calcular as horas de funcionamento da iluminação baseadas nos horários do edifício e no comportamento dos ocupantes.</p>
<p><b>B. Medição isolada da MRE: Medição de todos os parâmetros</b></p> <p>A <i>poupança</i> é determinada pela medição no terreno do consumo de <i>energia</i> do sistema afectado pela <i>MRE</i>.</p> <p>A frequência da medição vai desde o curto prazo a contínua, dependendo das variações esperadas na <i>poupança</i> e da duração do <i>período de reporte</i>.</p>	<p>Medições a curto prazo ou contínuas do <i>consumo de referência</i> e <i>consumo do período de relato</i>, e/ou cálculos de engenharia, usando medições de substituição de consumo de <i>energia</i>.</p> <p><i>Ajustes periódicos e não-periódicos</i> como exigido.</p>	<p>A aplicação de uma velocidade variável e controlos a um motor para ajustar o fluxo da bomba. Medir a energia eléctrica com um contador de kW instalado na alimentação eléctrica do motor, que lê a potência a cada minuto. No <i>período de consumo de referência</i> este contador está no mesmo lugar durante uma semana para verificar a carga <i>constante</i>. O contador está no lugar durante o <i>período de reporte</i> para medir as variações da utilização da potência.</p>

Tabela 1 - Visão geral das opções do IPMVP [7].

Tabela 1, continuação.

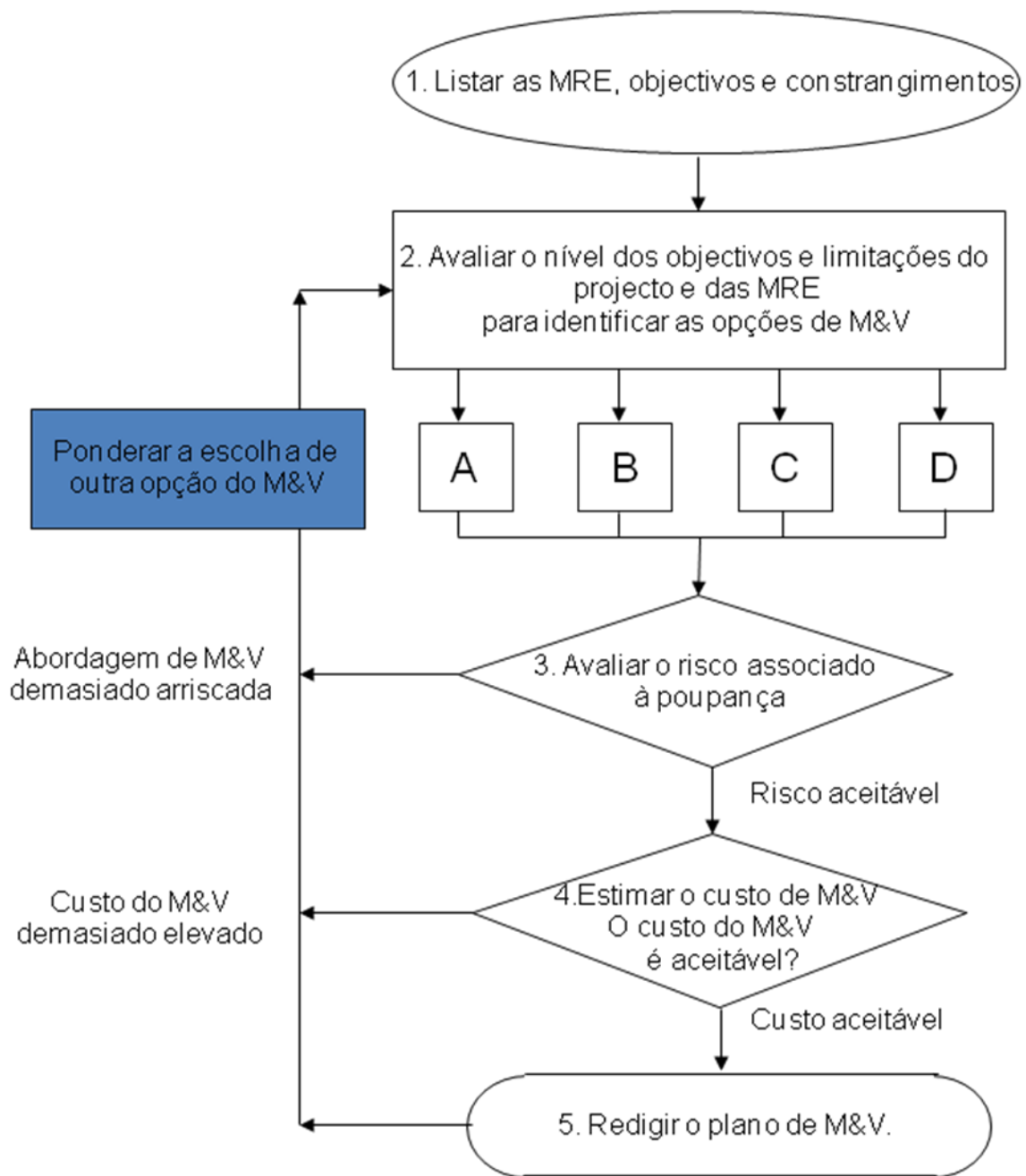
Opção IPMVP	Como calcular a poupança	Aplicações típicas
<p><b>C. Toda a Instalação</b></p> <p>A <i>poupança</i> é determinada pela medição do consumo de energia ao nível de toda a <i>instalação</i> ou sub-<i>instalação</i>.</p> <p>Medições contínuas do consumo de <i>energia</i> de toda a <i>instalação</i> são efectuadas durante o <i>período de reporte</i>.</p>	<p>Análise dos dados do contador do <i>consumo de referência</i> de toda a <i>instalação</i> e do <i>período de reporte</i> (empresa de serviços energéticos).</p> <p><i>Ajustes periódicos</i> como exigido, usando técnicas tal como uma simples comparação ou análise de regressão.</p> <p><i>Ajustes não-periódicos</i> como exigido.</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afectando muitos sistemas numa <i>instalação</i>. Medição do consumo de energia com os contadores de gás e electricidade da empresa de serviços energéticos para um <i>período do consumo de referência</i> de doze meses e durante o <i>período de reporte</i>.</p>
<p><b>D. Simulação calibrada</b></p> <p>A <i>poupança</i> é determinada através da simulação do consumo de <i>energia</i> de toda a <i>instalação</i>, ou de uma sub-<i>instalação</i>.</p> <p>Rotinas de simulação são demonstradas para modelar adequadamente o desempenho energético real medido na <i>instalação</i>.</p> <p>Esta opção requer habitualmente competências consideráveis em simulação calibrada.</p>	<p>Simulação do consumo de energia, calibrada com dados de facturação por hora ou mensais da empresa de serviços energéticos. (A medição do consumo de energia final pode ser usada para ajudar a refinar dados de entrada.)</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afectando muitos sistemas numa <i>instalação</i> mas onde não existia nenhum contador no <i>período do consumo de referência</i>.</p> <p>Medições do consumo de energia, após a instalação de contadores de gás e de electricidade, são usados para calibrar a simulação.</p> <p>Consumo de energia do <i>consumo de referência</i>, determinado utilizando a simulação calibrada, é comparado à simulação do consumo de energia do <i>período de relato</i>.</p>

Tabela 1 - Visão geral das opções do IPMVP [7].

	Opção A : Abordagem do Consumo Estipulado	Opção B: Abordagem do Consumo Medido	Opção C: Abordagem do Medidor Geral	Opção D: Abordagem da Simulação Calibrada
Identificação pelo Procedimento Mais Comum	Verificação do Desempenho pelo produto da diferença entre as potências antes e depois do retrofit, pelas horas de operação	Verificação das Economias pela utilização de medidores específicos (submedições) para cada uso final	Medições com o Medidor Geral de facturação da Concessionária, identificando as economias obtidas por interacção	Modelos matemáticos
Verificação do Potencial de Gerar Economias	dados da placa ou do fabricante medições instantâneas	Idem	Idem	Idem
Condições de Uso da Opção	Estipulação a partir da análise dos dados históricos ou dados de medição instantânea ou de curto prazo	Medições de curto prazo ou contínuas no nível do equipamento ou sistema	Medição com medidor geral da instalação (da Concessionária ou não)	Simulação dos componentes do prédio e/ou de todo prédio
Frequência de Leitura	-	Mensal, diária ou horária	Mensal, diária ou horária	horária em modelo matemático
Cálculo das Economias	Cálculos de engenharia	Cálculos de engenharia	Utilização do medidor de facturação da Concessionária; simulação em computador	Simulação calibrada; por exemplo, modelos de simulação para prédio
Custo	Dependente na quantidade de pontos de medição: tipicamente de 1 a 5% do custo do projecto	Dependente da quantidade de sistemas medidos: tipicamente de 3 a 10% do custo do projecto	Dependente da quantidade de parâmetros relativos: tipicamente de 1 a 10% do custo do projecto	Dependente da quantidade de sistemas envolvidos na simulação; tipicamente de 3 a 10% do custo do projecto
Tipo de projecto e responsabilidade da ESCO	Retrofit de 1 uso final; responsabilidade limitada ao uso final	Retrofit de 1 uso final; responsabilidade limitada ao uso final	Retrofit de 1 ou mais usos finais; consideradas as interacções; responsabilidade em toda a energia consumida na instalação	Retrofit de 1 ou mais usos finais; consideradas as interacções; responsabilidade para parâmetros assumidos
Precisão esperada	± 20%	± 10%	± 20%	± 10%
Verificações necessárias	Se as condições iniciais foram correctamente definidas Se o equipamento contratado foi realmente instalado (quantidade, qualidade e potência) Se o equipamento está com o desempenho previsto e se ele se mantém durante o prazo do contrato	Além das anteriores, determina as economias durante a vigência do contrato	Idem	Idem
Factores de correcção para Mudanças na Instalação	Embutidos nos valores estipulados	Quase sempre desnecessários (atenção: crescimento vegetativo)	Sempre necessários (variações climáticas)	Desnecessários em função da formulação

**Tabela 2 - Comparação entre opções do IPMVP** <sup>[14]</sup>.





**Figura 2 – Diagrama de decisão para a escolha da M&V** [10].

É conveniente identificar os objectivos e limitações do projecto e de cada uma das medidas de M&V. As limitações do projecto e medidas de M&V devem ser clarificadas tão cedo quanto possível. Deve ser atribuído um nível de prioridade (alto, médio ou baixo) a cada objectivo e limitação para ajudar na avaliação. Os objectivos e limitações com elevada prioridade têm maior influência na escolha da opção de M&V e devem ser considerados mais importantes na avaliação[10].

Os objectivos e limitações das MRE devem ser avaliados para identificar a opção de M&V mais apropriada.

A natureza do objectivo ou limitação também pode conduzir à escolha de uma dada opção de M&V, incluir uma abordagem de retrofit (opção A ou B), análise de todo o edifício, (opção C), ou simulação calibrada, (opção D).

Deve-se avaliar se uma opção de M&V é suficiente para o projecto ou se devem ser seleccionadas diferentes opções de M&V para as diversas MRE.

Se se verificar que um dos objectivos de nível elevado do projecto não é alcançado deve ser seleccionada outra medida de M&V.

## 2.6. Plano de M&V

A preparação de um Plano de M&V é uma etapa recomendada para a determinação da poupança. A planificação antecipada garante que todos os dados necessários para a determinação da poupança estarão disponíveis após a implementação das MRE, dentro de um orçamento aceitável.

Os dados do consumo de referência e os pormenores das MRE podem-se perder com o passar dos anos, é preciso registá-los para referência futura para o caso de as condições se alterarem ou as MRE falharem. A documentação deve ser fácil de encontrar e fácil de compreender pelos verificadores e auditores.

### 2.6.1. Ponto a abordar num plano de M&V

De acordo com o IPMVP um Plano de M&V completo deve incluir os seguintes 13 tópicos<sup>[7]</sup>:

**1 - Objectivo da MRE** - Descrever a MRE, o resultado pretendido e os procedimentos da colocação em serviço, que serão utilizados para verificar o sucesso da implementação de cada MRE. Identificar todas as alterações planeadas às condições do consumo de referência, (por exemplo a regulação da temperatura de um edifício desocupado).

**2 - Seleccionar a opção do IPMVP e definir a fronteira de medição** - Especificar que opção do IPMVP, será usada para determinar a poupança. Esta identificação deve incluir a data de publicação ou o número da versão e número do volume da edição do IPMVP a ser seguida (Volume I do IPMVP, EVO 10000-1:2009), por exemplo).

Identificar a fronteira de medição da determinação da poupança. Descrever a natureza de quaisquer efeitos interactivos para além da fronteira de medição juntamente com os seus efeitos possíveis.

**3 - Referência: Período, energia e condições** - Documentar as condições do consumo de referência da instalação e os dados de energia, dentro da fronteira de medição.



Nos contratos de desempenho energético, a energia do consumo de referência e as condições do consumo de referência podem ser definidas ou pelo proprietário ou pela ESCO, dando à outra parte a oportunidade adequada de as verificar.

Uma auditoria energética utilizada para estabelecer os objectivos de um programa de poupança ou os termos de um contrato de desempenho energético fornecem habitualmente a maioria senão toda a documentação do consumo de referência necessária ao plano de M&V.

A documentação do consumo de referência exige geralmente auditorias bem documentadas, sondagens, inspecções e/ou actividades de contagem a curto prazo. A extensão desta informação é determinada pela fronteira de medição escolhida ou o propósito da determinação da poupança.

Quando os métodos de M&V de toda a instalação são empregues, todo o equipamento e condições da instalação devem ser documentados.

**4. - Período de reporte** - Neste tópico deve-se identificar o período de reporte. Este período pode ser tão curto como uma medição instantânea durante a colocação em serviço de uma MRE, ou tão longo quanto o tempo necessário para recuperar o custo do investimento do programa da MRE

**5 - Base para o ajuste** - Declarar o conjunto de condições ao qual todas as medições de energia serão ajustadas. As condições podem ser as do período de reporte ou um outro conjunto de condições fixas. Esta escolha determina se a poupança é reportada como energia evitada ou como poupança normalizada.

**6 - Procedimento de análise** - Especificar os procedimentos exactos de análise de dados, algoritmos e hipóteses a ser usadas em cada relatório de poupança. Para cada modelo matemático usado, reportar todos os seus termos e a gama de variáveis independentes para o qual é válido.

**7.- Preços da energia** - Indicar os preços da energia que serão empregues para avaliar a poupança, e se for o caso, como a poupança será ajustada se os preços mudarem durante o período de reporte.

**8 - Especificações dos equipamentos de medição** - Especificar os pontos de contagem e períodos de contagem. Para os contadores que não são das empresas comercializadoras de energia, especificar: as características da contagem, a leitura do contador e protocolo de confirmação, procedimentos da colocação em serviço do contador, processo de calibração de rotina e método de tratamento de dados perdidos.

**9 - Responsabilidades de monitorização** - Atribuir as responsabilidades de reportar e registar os dados de energia, variáveis independentes e factores estáticos dentro da fronteira de medição durante o período de reporte.

**10 - Precisão esperada** - Avaliar a precisão esperada associada à medição, recolha de dados, amostragem e análise de dados. Esta avaliação deve incluir medidas qualitativas e

todas as medidas quantitativas possíveis do nível de incerteza nas medições e ajustes a usar no relatório de poupança planeado.

**11 - Orçamento** - Definir o orçamento e os recursos necessários para a determinação da poupança, os custos iniciais estabelecidos e os custos contínuos durante o período de reporte.

**12. - Formato do relatório** - Indicar como os resultados serão reportados e documentados. Deve ser incluída uma amostra de cada relatório.

**13 - Garantia de qualidade** - Especificar os procedimentos de garantia de qualidade que serão empregues para os relatórios de poupança e todos os passos provisórios na preparação dos relatórios.

### 2.6.1.1 Tópicos específicos a abordarem para as opções A e D

Dependendo da opção do IPMVP seleccionada e das circunstâncias de cada projecto, alguns tópicos específicos adicionais devem também ser discutidos para tornar o Plano de M&V mais completo, assim para a opção A temos<sup>[7]</sup>:

**Justificação de estimativas** - Explicar a origem dos valores estimados. Mostrar a importância global destas estimativas em função do total da poupança prevista, reportando a gama de poupanças possível associada à gama de valores plausíveis dos parâmetros estimados.

**Inspeções periódicas** Definir as inspeções periódicas que serão efectuadas durante o período de reporte para verificar se o equipamento ainda está no lugar e a funcionar como previsto quando se determinou os valores estimados.

Para a Opção D<sup>[7]</sup>:

**Nome do software** - Mencionar o nome e o número da versão do software de simulação a ser utilizado.

**Dados de entrada/saída** - Fornecer uma cópia em papel e uma cópia electrónica dos ficheiros de entrada, dos ficheiros de saída e dos ficheiros dos dados climatéricos usados para a simulação.

**Dados medidos** - Anotar quais os parâmetros de entrada que foram medidos e quais os que foram estimados. Descrever o processo de obtenção dos dados medidos.

**Calibração** - Reportar os dados de energia e os de funcionamento utilizados para a calibração. Reportar a precisão com a qual os resultados da simulação correspondem aos

dados de energia da calibração. Quando a natureza das futuras alterações pode ser antecipada, definir métodos para fazer os ajustes não periódicos adequados.

## 2.7. Equilíbrio entre incerteza e custo

Um dos maiores desafios da M&V é fornecer o rigor adequado assegurando que os custos se mantêm dentro do razoável.

O valor acrescentado pela informação obtida a partir de medidas de M&V adicionais será a partir de certo ponto menor do que o custo para o obter.

O custo das M&V deve ser adaptado à escala do projecto e habitualmente situa-se entre 1 e 10% da poupança alcançada<sup>[10]</sup>.

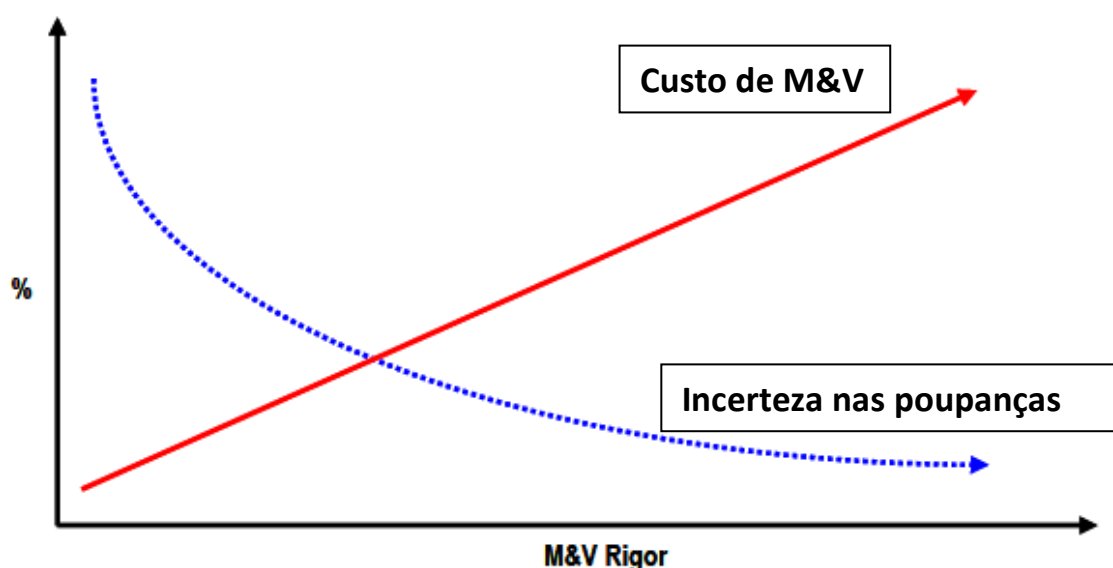


Figura 3 - A lei dos retornos decrescentes para M&V<sup>[10]</sup>.

## 2.8. Comportamento humano

A utilização da energia de um edifício depende também do comportamento e as decisões dos ocupantes e proprietários. Estudos mostraram que as variações no uso da energia eram mais do que um factor em duas casas que eram idênticas mas tinham diferentes ocupantes. Encontrou-se uma variação de 40% e 54% no consumo de electricidade em nove infantários numa pequena área de Londres. Quando os responsáveis pelos infantários souberam que os seus consumos estavam a ser monitorizados, o consumo de electricidade e gás também caiu. O comportamento dos ocupantes de edifícios não residenciais também tem um substancial impacto sobre a utilização de energia, especialmente quando a iluminação, aquecimento e ventilação são controlados manualmente<sup>[7]</sup>.

## **Capítulo 3 – Organização e explicação dos procedimentos de M&V**

### **3.1. Nota Prévia**

Apresenta-se neste capítulo um possível modelo de um plano de M&V. O plano deverá ser adaptado às características de cada projecto e ser delineado de acordo com o que tenha sido acordado entre as partes intervenientes no projecto relativamente a poupança, orçamento para M&V, periodicidade das medições e relatórios de M&V, financiamento, tempo de vida do projecto.

### **3.2. Apresentação do Projecto**

**Nome do projecto:**

**Data:**

#### **Descrição do projecto**

Deverá ser feita a descrição do âmbito do projecto, descrever as medidas de racionalização de energia que serão instaladas e acções de M&V desenvolvidas e os seus objectivos.

Descrever os objectivos da aplicação das MRE e estabelecer os pressupostos.

Descrever como serão obtidas as economias para cada uma das MRE.

#### **Escolha da opção ---do IPMVP**

Fazer referência à opção do IPMVP escolhida e referir a fundamentação para a mesma.

### 3.3. Plano de Medição e Verificação

**Critérios:**

<b>Orçamento do Plano de M&amp;V/ganhos contratuais</b>	<b>%</b>	
<b>Período de reporte</b>		
<b>Nível de confiança / Precisão</b>	<b>%</b>	<b>%</b>

#### **Introdução**

O presente relatório faz explicitamente referência ao Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético EVO 10000 – 1:2009 (PT), publicado pela Efficiency Valuation Organization e disponível em [www.evo-world.org](http://www.evo-world.org). O IPMVP contém os elementos necessários à construção de um plano de medição e verificação segundo:

- Opção A descrita no número 4.8.1 do IPMVP
- Opção B descrita no número 4.8.2 do IPMVP
- Opção C descrita no número 4.9 do IPMVP

Assinalar a opção escolhida.

#### **Opção A**

Medições dos parâmetros chave – As quantidades de energia podem resultar de um cálculo utilizando uma combinação de medidas relativas a certos parâmetros e de estimativas relativas a outros. Estas estimativas só devem ser usadas nos casos em que a incerteza combinada de todas as estimativas não afecte de maneira significativa, as poupanças reportadas.

#### **Opção B**

Medição de todos os parâmetros, o que exclui todas as estimativas. Como consequência, este método exige a medição das quantidades de energia e dos parâmetros necessários ao cálculo do consumo de energia.

## Opção C

Utilização dos contadores do fornecedor de energia ou de sub contadores para avaliar o desempenho energético de toda a instalação. A fronteira de medição engloba a totalidade das instalações ou uma grande parte destas.

A opção C destina-se a projectos em que a poupança esperada é grande comparada com as variações de energia aleatórias ou inexplicáveis que ocorrem ao nível de toda a instalação.

Quanto mais longo for o período de reporte da poupança após a instalação das medidas de racionalização de energia, menos significativo é o impacto das variações inexplicáveis a curto prazo. Tipicamente a poupança deve ultrapassar 10% do consumo de referência de energia se se espera discriminar com confiança a poupança a partir dos dados de consumo de referência quando o período de reporte é inferior a dois anos.

## Escolha da opção ---do IPMVP

A escolha da opção --- do IPMVP baseia-se nos seguintes pontos:

- 
- 
- 
- 

### 1 - Objectivo das acções de racionalização energética

Descrever a medida de racionalização de energia, o resultado esperado, os procedimentos que serão accionados para verificar o sucesso da sua implementação. Identificar todas as alterações previstas em relação às condições da situação de referência, como por exemplo a regulação da temperatura das áreas desocupadas.

Objectivo:		
Descrição	Resultado esperado	Procedimentos a realizar
Economia anual proposta:	Economia de consumo kWh/ano.	Economia solicitação de carga kW.
Energia		Significativa ou não
Alterações previsíveis identificadas em relação às condições da situação de referência.		

## 2 – Opção do IPMVP seleccionada e fronteira de medição

Justificação da escolha da opção do IPMVP	
Fronteira de medição	
Identificar a fronteira de medição para a determinação da poupança. O limite pode ser tão estreito quanto o fluxo de energia através de um tubo ou condutor eléctrico, ou tão grande quanto o consumo total de energia de um ou muitos edifícios. Descrever a natureza de quaisquer efeitos interactivos para além da fronteira de medição juntamente com os seus efeitos possíveis (IPMVP, secção 4.4).	
Efeitos interactivos	

**3 - Referência: Período, energia e condições** - Documentar as condições do consumo de referência da instalação e os dados de energia, dentro da fronteira de medição.

### a) Identificação do período do consumo de referência (IPMVP, secção 4.5.1)

--

### b) Todos os dados de consumo e procura de energia do consumo de referência

--

- c) **Todos os dados das variáveis independentes** que coincidem com os dados de energia, por exemplo a taxa de produção, temperatura ambiente, a ocupação, caso varie no tempo.

Uma variável independente é um parâmetro que pode mudar regularmente e ter um impacto mensurável no consumo de energia de um sistema ou instalação. Por exemplo, uma variável independente comum, que rege o consumo de energia do edifício é a temperatura exterior. Do mesmo modo, numa fábrica o número de unidades produzido num determinado período é frequentemente uma variável independente que afecta significativamente o consumo de energia. Outra variável independente comum é o número de segundos, horas ou dias de cada período de contagem. Ver também a secção 4.9.3.

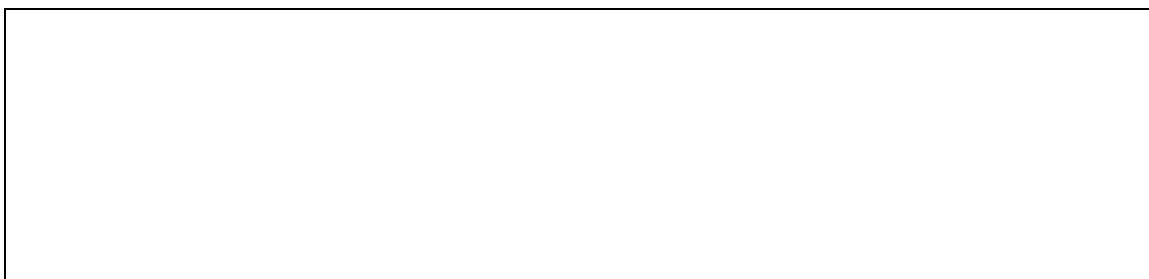
Detalhes ou referências a documentos anexos:



- d) **Todos os factores estáticos que coincidem com os dados de energia**

Tipo, densidade e períodos de ocupação. Condições de funcionamento para cada período de funcionamento do consumo de referência e estação do ano, outras que não as variáveis independentes. Por exemplo, num processo industrial, as condições de funcionamento do consumo de referência podem incluir tipos de produtos, tipo de matéria-prima e número de turnos de produção por dia.

Detalhes ou referências do documento anexo:





**4. - Período de reporte** - Identificar o período de reporte após as modificações. Este período pode ser tão curto como uma medição instantânea durante a colocação em serviço de uma MRE, ou tão longo quanto o tempo necessário para recuperar o custo do investimento do programa da MRE, (IPMVP, SECÇÃO 4.5.2).

Elementos	Data de apresentação	Prazo de verificação e de aceitação

**5 - Base para o ajuste** - Declarar o conjunto de condições ao qual todas as medições de energia serão ajustadas. As condições podem ser as do período de reporte ou um outro conjunto de condições fixas. Como descrito no capítulo 4 do IPMVP esta escolha determina se a poupança é reportada como energia evitada (4.6.1) ou como poupança normalizada (4.6.2).

Modelo escolhida	Sim/Não	Equação de base
<p><b>Base do período de reporte ou consumo de energia evitado</b>  quantifica a poupança no período de reporte relativamente ao que o consumo de energia teria sido sem as MRE. Quando se reporta a poupança sob condições do período de reporte, o período do consumo de referência precisa de ser ajustado às condições do período de reporte.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- depende das condições de funcionamento do período de reporte. Apesar de a poupança poder ser ajustada correctamente para fenómenos como o clima, o nível reportado da poupança depende do tempo que faz.</li> <li>- não pode ser comparado directamente com poupanças previstas sob condições de consumo de referência.</li> </ul>		<p><b>Consumo de energia evitado (ou Poupança) =</b></p> <p>( Consumo de referência ± Ajustes periódicos às condições do período de reporte ± Ajustes não - periódicos às condições do período de reporte ) - Consumo do período de reporte</p>

<p><b>Base de Condições fixas ou Poupança Normalizada</b></p> <p>Neste método, os consumos do período de reporte e possivelmente do período do consumo de referência são ajustados das suas condições reais ao conjunto seleccionado de condições comuns fixas (ou 'normais').</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- não é afectado pelas condições do período de reporte uma vez que o conjunto fixo de condições é estabelecido uma única vez e não é alterado.</li> <li>- pode ser directamente comparado com poupanças previstas sob o mesmo conjunto fixo de condições.</li> <li>- apenas pode ser reportado depois de um ciclo completo de consumo de energia do período de análise, de modo a que a correlação matemática entre o consumo do período</li> </ul>		<p><b>Poupança Normalizada =</b>  (Consumo de referência ± Ajustes periódicos às condições fixas ± Ajustes não - periódicos às condições fixas) - ( Consumo do período de reporte ± Ajustes periódicos às condições fixas ± Ajustes não - periódicos às condições fixas )</p>
---	--	---

Detalhes ou referência a documento anexo:

Ajustes periódicos	Sim	Não	Ajustes não periódicos	Sim	Não
Ver o Anexo B do IPMVP, conselhos sobre a avaliação da validade dos métodos matemáticos.			Alterações destes factores devem ser controladas durante todo o período de reporte. Ver secção 8.2 do IPMVP para explicação sobre os ajustes não periódicos.		

**6 - Procedimento de análise** - Especificar os procedimentos exactos de análise de dados, algoritmos e hipóteses a ser usadas em cada relatório de poupança. Para cada modelo

matemático usado, reportar todos os seus termos e a gama de variáveis independentes para o qual é válido.

Detalhes ou referência a documento anexo:

**Método aplicável à situação de referência e de reporte: Etapa 1 a 3**

**Etapa 1: Cálculo da energia consumida durante o período de medição**

**Etapa 2: Cálculo do valor anual de energia**

**Etapa 3: Cálculo da economia do projecto, após medição no período de reporte**

**7.- Preços da energia** - Indicar os preços da energia que serão empregues para avaliar a poupança, e se for o caso, como a poupança será ajustada se os preços mudarem durante o período de reporte, (ver IPMVP SECÇÃO 8.1).

A poupança dos custos é determinada, aplicando o plano de preços adequado na seguinte equação:

$$\text{Poupança dos custos} = C_b - C_r \quad 2)$$

Onde:

$C_b$  = Custo da energia do consumo de referência mais quaisquer ajustes

$C_r$  = Custo da energia do período de reporte mais quaisquer ajustes

- Os custos devem ser determinados, aplicando o mesmo plano de preços no cálculo de  $C_b$  e  $C_r$ .

- Quando as condições do período de reporte são usadas como base para reportar a poupança de energia (isto é, consumo de energia evitado secção 4.6.1), o plano de preços do período de reporte é normalmente utilizado para calcular o “custo evitado.”

Detalhes ou referência a documento anexo:

<b>Nota sobre a construção da economia do projecto</b>		
		Total 1+2+3.. = 00000 kWh/ano
		Preço unitário do kWh = 00,00 €/kWh
		Economia financeira = 0000,00 €/ano

**8 - Especificações dos equipamentos de medição** - Especificar os pontos de contagem e períodos de contagem. Para os contadores que não são das empresas comercializadoras de energia, especificar: as características da contagem, a leitura do contador e protocolo de confirmação, procedimentos da colocação em serviço do contador, processo de calibração de rotina e método de tratamento de dados perdidos, (ver secção 8.11.1 do IPMVP).

Local de medida	Periodicidade	Instrumento de medição	Precisão	Pessoas presentes	Calibração do instrumento de medição	Tratamento dos dados errados ou perdidos

**9 - Responsabilidades de monitorização** - Atribuir as responsabilidades de reportar e registar os dados de energia, variáveis independentes e factores estáticos dentro da fronteira de medição durante o período de reporte.

Responsável	Registo de dados de energia	Variáveis independentes (3c)	Variáveis estáticas (3d)
Encarregado/ Operador:			
ESCO:			

**10 - Precisão esperada** - Avaliar a precisão esperada associada à medição, recolha de dados, amostragem e análise de dados. Esta avaliação deve incluir medidas qualitativas e todas as medidas quantitativas possíveis do nível de incerteza nas medições e ajustes a usar no relatório de poupança planeado (IPMVP, secção 8.3 e anexo B).

Expressão contratual dos resultados:

Nível de confiança: 00%	Precisão relativa: 00%
-------------------------	------------------------

$Poupança > 2 * \text{Erro padrão}$

Erros de medição		Erros de amostragem		Erros de modelação	
------------------	--	---------------------	--	--------------------	--

Justificação:

**Instrumentos de amostragem**

**Modelação**

**Cálculo da Precisão relativa**

**Energia consumida no período de referência**

**Energia consumida no período de reporte**

**Precisão relativa da poupança**

**Precisão relativa**

**11 - Orçamento** - Definir o orçamento e os recursos necessários para a determinação da poupança, os custos iniciais estabelecidos e os custos contínuos durante o período de reporte.

	Instrumentação	Pesquisas e análises	Relatório
Período de referência			
Período de reporte			
TOTAL			
TOTAL GERAL			

Taxa entre orçamento do Pano de M&V / Ganhos Contratuais

TAXA = 00%
------------

**12. - Formato do relatório** - Indicar como os resultados serão reportados e documentados. Deve ser incluída uma amostra de cada relatório.

Ver documento anexo:

**13 - Garantia de qualidade** - Especificar os procedimentos de garantia de qualidade que serão empregues para os relatórios de poupança e todos os passos provisórios na preparação dos relatórios.

Detalhes ou referência a documento anexo:

Certificação da ESCO ou entidade responsável pelo PMV.
--

### 3.3 Anexos ao Plano de Medição e Verificação

Vários documentos poderão ser anexos ao plano de medição e verificação fornecendo maior detalhe sobre o mesmo sempre que se considere necessário.

O modelo de relatório de verificação é um documento chave neste processo e por este motivo se apresenta abaixo uma proposta de modelo de relatório de verificação.

Medição:		N.º de horas do período:	
Data de início:		Data de fim:	

#### Quadro resumo dos registos de medição no período de reporte

	Horas de cheio			Horas de vazio			Total energia eléctrica
	N.º horas	Potencia	Energia	N.º horas	Potencia	Energia	
Equipamento 1		kW			kW		
Equipamento 2		kW			kW		
Equipamento 3		kW			kW		
Equipamento 4		kW			kW		
Equipamento 5		kW			kW		
TOTAL E= introduzir formula de cálculo							E=0000kWh

#### Quadro resumo da produção/ocupação


## **Capítulo 4.Caso de estudo**

### **4.1. Apresentação do caso de estudo**

#### **Descrição do projecto**

O projecto tem como objectivo implementar medidas de racionalização o consumo de energia nas residências de estudantes 1 e 2 da Universidade de Aveiro.

Realizou-se uma auditoria preliminar às instalações em Novembro de 2008 que contribuiu para a recolha de dados de consumo, carga instalada, natureza dos equipamentos instalados e regime de utilização dos mesmos.

Encontram-se também disponíveis as leituras dos contadores de electricidade, gás e água relativas ao ano civil de 2007 completo e aos primeiros nove meses do ano de 2008.

As residências Universitárias 1 e 2 proporcionam aos alunos nacionais e internacionais, alojamento em tempo de aulas.

Estas residências encontram-se situadas no Campus Universitário de Santiago, da Universidade de Aveiro, são organizadas por blocos cada um composto por 3 pisos com 48 quartos, 18 casas de banho, 4 cozinhas e 2 mini lavandarias.

São as seguintes as medidas de racionalização de energia propostas:

1 - Acção de Sensibilização Sobre Utilização Racional de Energia com o objectivo de sensibilizar os residentes para a importância de, no seu dia-a-dia, adoptarem comportamentos conducentes a uma correcta utilização de energia, através da adopção de medidas simples que evitem o desperdício de energia.

2 - Redução dos consumos residuais (consumos em “stand-by”) - Recomenda-se que todos os equipamentos, como por exemplo televisões, PC’s e monitores, impressoras que não esteja a ser utilizado permaneçam totalmente desligados e não em modo de “stand-by”.

3 - Alteração do tarifário de facturação de médias utilizações para longas utilizações. Esta medida viria a traduzir-se numa redução de consumo de 2779 € por ano.

4 - Colocação de um controlador de sensores automáticos para as lâmpadas das áreas comuns como corredores, cozinha, casas de banho. Podem ser conseguidas poupanças pela instalação de sensores automáticos de movimento.

5 - Afinação da caldeira a gás natural. A caldeira a gás natural apresenta um rendimento energético muito baixo para este tipo de combustível (cerca de 88,5%), pelo que se deve proceder a uma manutenção da caldeira e à afinação dos queimadores tendo em vista a detecção das causas e sua possível correcção. Esta alteração não envolve custos significativos, devendo fazer parte da regular manutenção dos equipamentos.



Considerando que o rendimento pode atingir os 90% em equipamentos semelhantes, estima-se que a economia anual de gás natural será de 2599m<sup>3</sup>, correspondente a 2851,1tep, o equivalente a cerca de 1312 €/ano.

6 – Controlo do nível de aquecimento, após os meses de Inverno, tipicamente, dadas as condições climatológicas de Aveiro, após meados do mês de Março.

7 - Regulação dos aquecedores. Actualmente, os aquecedores que asseguram o aquecimento ambiente mantêm-se continuamente em funcionamento e sempre á mesma temperatura. A colocação de um temporizador que permita desligá-los aos fins-de-semana, em divisões livres, e de um regulador de temperatura permitirá economia nos consumos.

8 - Sistema de Gestão de Consumos. A implementação de um sistema de contagem de energia eléctrica e de gás permitirá acompanhar de forma pormenorizada os consumos dos equipamentos/espacos energeticamente mais representativos. Salienta-se ainda a qualidade da informação fornecida pelo sistema de gestão de consumos, com base no qual se deverão basear os relatórios após a implementação das MRE e durante todo o período de reporte. O sistema de gestão de consumos é também uma ferramenta imprescindível para detectar eventuais desvios ao consumo padrão da instalação, bem como acompanhar a evolução dos consumos após a implementação das medidas de melhoria.

9 - Substituição das Lâmpadas. Encontram-se instaladas em áreas comuns do espaço em estudo 328 lâmpadas incandescentes. Optou-se por, numa primeira fase, proceder à substituição de 50 % destas lâmpadas por lâmpadas fluorescentes. Esta medida de baixo custo permitirá, por si só, uma economia no custo de electricidade de 287€ correspondente a 72,6 % da energia gasta anteriormente.

De salientar que o retorno do investimento se dá em 1,05 anos justificado pelo tipo de utilização incorrecta que é feita das lâmpadas incandescentes. Verificou-se o uso de lâmpadas incandescentes em locas em que permanecem ligadas durante longos períodos, nomeadamente em corredores e salas de entrada iluminadas durante toda a noite.

10 - Considerou-se a integração de painéis fotovoltaicos, com uma potência de 1,80 kW e uma eficiência de 15,3%.

O estudo realizado permite obter os seguintes indicadores financeiros de viabilidade:

- Investimento = 230 200 €
- Tempo de retorno = 15,5 anos
- Tempo de vida = 25 anos
- VAL = 11957 €
- Incentivos = 770 €
- Custo de redução GEE= 489 €/tCO<sub>2</sub>

As economias de energia serão obtidas através de:

- Alteração de comportamentos dos residentes;
- Alteração do tarifário de facturação;
- Alteração do sistema de iluminação
- Manutenção e afinação da caldeira;
- Implementação de Sistema de gestão de consumos;
- Medidas de gestão.

### **Escolha da opção C do IPMVP**

A escolha da opção C do IPMVP baseia-se nos seguintes pontos:

- Pretende-se avaliar o desempenho energético de toda a instalação (não só das MRE);
- Existam vários tipos de MRE nas instalações;
- As MRE impliquem actividades cujo consumo individual de energia é difícil de medir separadamente (p. ex. sensibilização da dos estudantes para a eficiência energética);
- As técnicas de medição isoladas das MRE (Opção A ou B) são excessivamente complexas;
- Não são previstas grandes mudanças futuras na instalação durante o período de reporte.

## **4.2. Plano de Medição e Verificação para as Residências 1 e 2 da Universidade de Aveiro**

**Critérios:**

<b>Orçamento do Plano de M&amp;V/ganhos contratuais</b>	3,93%	
<b>Período de reporte</b>	1 ano	
<b>Nível de confiança / Precisão</b>		

### **Introdução**

O presente relatório faz explicitamente referência ao Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético EVO 10000 – 1:2009 (PT), publicado pela Efficiency Valuation Organization e disponível em [www.evo-world.org](http://www.evo-world.org). O IPMVP contém os elementos necessários à construção de um plano de medição e verificação segundo: a **opção C** descrita no número 4.9 do IPMVP.

## Opção A

Medições dos parâmetros chave – As quantidades de energia podem resultar de um cálculo utilizando uma combinação de medidas relativas a certos parâmetros e de estimativas relativas a outros. Estas estimativas só devem ser usadas nos casos em que a incerteza combinada de todas as estimativas não afecte de maneira significativa, as poupanças reportadas.

## Opção B

Medição de todos os parâmetros, o que exclui todas as estimativas. Como consequência, este método exige a medição das quantidades de energia e dos parâmetros necessários ao cálculo do consumo de energia.

## Opção C

Utilização dos contadores do fornecedor de energia ou de sub contadores para avaliar o desempenho energético de toda a instalação. A fronteira de medição engloba a totalidade das instalações ou uma grande parte destas.

A opção C destina-se a projectos em que a poupança esperada é grande comparada com as variações de energia aleatórias ou inexplicáveis que ocorrem ao nível de toda a instalação.

Quanto mais longo for o período de reporte da poupança após a instalação das medidas de racionalização de energia, menos significativo é o impacto das variações inexplicáveis a curto prazo. Tipicamente a poupança deve ultrapassar 10% do consumo de referência de energia se se espera discriminar com confiança a poupança a partir dos dados de consumo de referência quando o período de reporte é inferior a dois anos.

### 1 - Objectivo das acções de racionalização energética

São descritas as medidas de racionalização de energia, o resultado esperado, os procedimentos que serão accionados para verificar o sucesso da sua implementação. São identificadas todas as alterações previstas em relação às condições da situação de referência, como por exemplo a regulação da temperatura das áreas desocupadas.

Objectivo:		
Descrição	Resultado esperado	Procedimentos a realizar
1 - Acção de Sensibilização Sobre Utilização Racional de Energia Com o objectivo de sensibilizar os residentes para a importância de, no seu dia-a-dia, adoptarem comportamentos	Adopção de comportamentos adequados por parte dos estudantes residentes. Esta é uma medida dificilmente mensurável e fortemente dependente do comportamento	Acções de sensibilização e esclarecimento, juntos dos utilizadores das residências universitárias.

conducentes a uma correcta utilização de energia, através da adopção de medidas simples que evitem o desperdício de energia.	humano.	
2 - Redução dos consumos residuais (consumos em “stand-by”) -	Recomenda-se que todos os equipamentos, como por exemplo televisões, PC’s, monitores e impressoras que não estejam a ser utilizados permaneçam totalmente desligados e não em modo de “stand-by”.	Acções de sensibilização e esclarecimento, juntos dos utilizadores das residências universitárias.
3 - Alteração do tarifário de facturação de médias utilizações para longas utilizações.	Esta medida viria a traduzir-se num consumo evitado de 2779 € por ano.	Revisão do contracto de fornecimento de energia.
4 – Instalação de um controle de sensores automáticos para as lâmpadas das áreas comuns como corredores, cozinha, casas de banho.	Podem ser conseguidas poupanças pela instalação de sensores automáticos de movimento nas áreas comuns da residência.	Simulação em retscreen, programa de dimensionamento de sistemas de energias renováveis.
5 - Afição da caldeira a gás natural	. A caldeira a gás natural apresenta um rendimento energético muito baixo para este tipo de combustível (cerca de 88,5%), Considerando que o rendimento pode atingir os 90% em equipamentos semelhantes, estima-se que a economia anual de gás natural será de 2599m <sup>3</sup> , correspondente a 2851,1tep, o equivalente a cerca de 1312 €/ano.	Manutenção da caldeira e afinação dos queimadores.
6- Desligar o aquecimento, após os meses de Inverno, tipicamente, dadas as condições climatológicas de Aveiro, após meados do mês de Março.	Redução do consumo de energia na primavera.	Desligar o aquecimento.

7 - Regulação dos aquecedores.	Actualmente, os aquecedores que asseguram o aquecimento ambiente mantêm-se continuamente em funcionamento e sempre à mesma temperatura. A sua automatização permitirá poupança nos consumos de energia	A colocação de um temporizador e regulador de temperatura que permitam desligar e/ou regular os aquecimentos aos fins-de-semana e em divisões desocupadas.
8 - Sistema de Gestão de Consumos.	Acompanhar de forma pormenorizada os consumos dos equipamentos/espacos energeticamente mais representativos. Salienta-se ainda a qualidade da informação fornecida pelo sistema de gestão de consumos, na qual se deverão basear os relatórios de verificação após a implementação das MRE e durante todo o período de reporte. O sistema de gestão de consumos é também uma ferramenta imprescindível para detectar eventuais desvios ao consumo padrão da instalação, bem como acompanhar a evolução dos consumos após a implementação das medidas de melhoria.	. A implementação de um sistema de contagem de energia eléctrica e de gás.  Tratamento da informação recolhida.  Correcção de falhas caso detectadas.
9 - Substituição de 50% das lâmpadas instaladas em áreas comuns, (150 lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes).	Esta medida de baixo custo permitirá, por si só, uma economia no custo de electricidade de 287€/ano correspondente a 72,6 % da energia gasta anteriormente. O retorno do investimento se dá em 1,05 anos justificado pelo tipo de	Substituição das lâmpadas.  Simulação em retscreen.

	utilização incorrecta das lâmpadas incandescentes que era anteriormente feita.	
10 – Instalação de painéis fotovoltaicos, com uma potência de 1,80 kW e uma eficiência de 15,3%.	O estudo realizado permite obter os seguintes indicadores financeiros de viabilidade: - Investimento = 230 200 € - Tempo de retorno = 15,5 anos - Tempo de vida = 25 anos - Economia anual no ciclo de vida = 10874 €/ano - VAL = 11957 € - Incentivos = 770 € - Custo de redução GEE= 489 €/tCO <sub>2</sub>	
Economia anual proposta:	Economia de consumo €/ano.	Economia solicitação de carga kW.
Energia: Gás natural e energia eléctrica.	2779(3)+1312(5)+287(9)+10874(10)=15 252€/ano	Não significativa
Alterações previsíveis identificadas em relação às condições da situação de referência.		
Redução das horas de iluminação em espaços comuns; Redução das áreas desocupadas aquecidas; Redução do aquecimento aos fins-de-semana e feriados; Redução do consumo de energia no início da Primavera; Rápida detecção de anomalias graças à implementação do Sistema de Gestão de Consumos.		

## 2 – Opção do IPMVP seleccionada e fronteira de medição

Justificação da escolha da opção do IPMVP
A escolha da opção C do IPMVP baseia-se nos seguintes pontos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pretende-se avaliar o desempenho energético de toda a instalação (não só das MRE);</li> <li>• Existem vários tipos de MRE nas instalações;</li> <li>• As MRE implicam actividades cujo consumo individual de energia é difícil de medir separadamente (p. ex. sensibilização dos estudantes para a eficiência energética);</li> <li>• As técnicas de medição isoladas das MRE (Opção A ou B) são excessivamente complexas</li> <li>• Não são previstas grandes mudanças futuras na instalação durante o período de reporte.</li> </ul>

Fronteira de medição	
Considera-se que a fronteira de medição engloba toda a instalação e o consumo total de energia das Residências 1 e 2. Não foram considerados efeitos interactivos para além da fronteira de medição.	
Efeitos interactivos	Não são considerados.

**3 - Referência: Período, energia e condições** – São documentadas as condições do consumo de referência da instalação e os dados de energia, dentro da fronteira de medição.

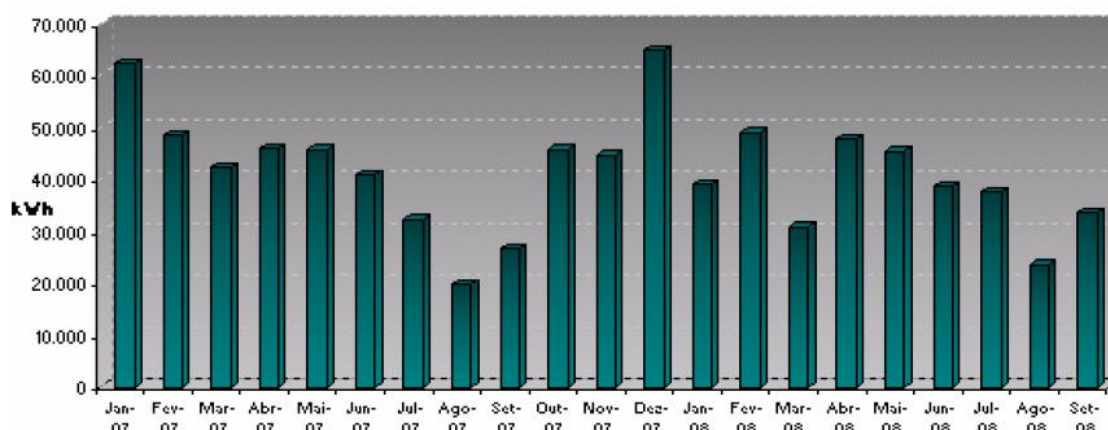
**a) Identificação do período do consumo de referência (IPMVP, secção 4.5.1)**

Realizou-se uma auditoria preliminar às instalações em Novembro de 2008 que contribuiu para a recolha de dados de consumo, de potência instalada, natureza dos equipamentos instalados e regime de utilização dos mesmos.

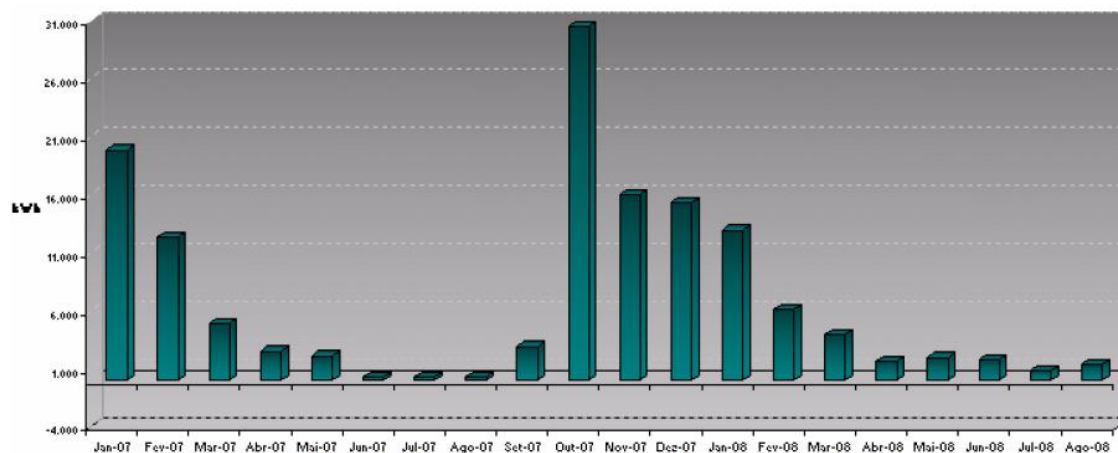
Encontram-se também disponíveis as leituras dos contadores de electricidade, gás e água relativas ao ano civil de 2007 completo e aos primeiros nove meses do ano de 2008. Será este o período do consumo de referência considerado.

**b) Todos os dados de consumo e procura de energia do consumo de referência**

Ano civil de 2007 e primeiros 9 meses de 2008.



**Figura 4 - Consumo de energia eléctrica em kWh no período de referência.**



**Figura 5 - Consumo de gás natural em kWh no período de referência.**

- c) **Todos os dados das variáveis independentes** que coincidem com os dados de energia, por exemplo a taxa de produção, temperatura ambiente, a ocupação, caso varie no tempo.

Uma variável independente é um parâmetro que pode mudar regularmente e ter um impacto mensurável no consumo de energia de um sistema ou instalação. Por exemplo, uma variável independente comum, que rege o consumo de energia do edifício é a temperatura exterior. Do mesmo modo, numa fábrica o número de unidades produzido num determinado período é frequentemente uma variável independente que afecta significativamente o consumo de energia. Outra variável independente comum é o número de segundos, horas ou dias de cada período de contagem. Ver também a secção 4.9.3.

Detalhes ou referências a documentos anexos:

Não são aqui consideradas as variações sazonais de temperatura uma vez que o programa utilizado na simulação, o Retscreen, entra em linha de conta com os dados meteorológicos.

**d) Todos os factores estáticos que coincidem com os dados de energia**

Detalhes:

As residências 1 e 2 são habitadas por estudantes da Universidade de Aveiro. Verifica-se que a sua ocupação decresce nas interrupções de férias escolares, Natal, Carnaval, Páscoa e férias de Verão, não se verifica o encerramento das instalações uma vez que há alunos que não se deslocam a casa nas férias e durante o Verão decorrem nestas instalações campos de férias de Verão.

**4. - Período de reporte** – Identifica-se o período de reporte após as modificações. Este período pode ser tão curto como uma medição instantânea durante a colocação em serviço de uma MRE, ou tão longo quanto o tempo necessário para recuperar o custo do investimento do programa da MRE, (IPMVP, SECÇÃO 4.5.2).

Elementos	Data de apresentação	Prazo de verificação e de aceitação
O período de reporte corresponderá a um ano civil completo após a entrada em funcionamento do projecto, com implementação das medidas que implicam alterações aos equipamentos existentes ou instalação de novos eq.	O relatório de M&V será apresentado um mês após o fim do período de reporte	Prazo destinado ao cliente caso a M&V seja feita por uma ESCO.



**5 - Base para o ajuste** - Declarar o conjunto de condições ao qual todas as medições de energia serão ajustadas. As condições podem ser as do período de reporte ou um outro conjunto de condições fixas. Como descrito no capítulo 4 do IPMVP esta escolha determina se a poupança é reportada como energia evitada (4.6.1) ou como poupança normalizada (4.6.2).

Modelo escolhida	Sim/Não	Equação de base
<p><b>Base do período de reporte ou consumo de energia evitado</b></p> <p>quantifica a poupança no período de reporte relativamente ao que o consumo de energia teria sido sem as MRE. Quando se reporta a poupança sob condições do período de reporte, o período do consumo de referência precisa de ser ajustado às condições do período de reporte.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- depende das condições de funcionamento do período de reporte. Apesar de a poupança poder ser ajustada correctamente para fenómenos como o clima, o nível reportado da poupança depende do tempo que faz.</li> <li>- não pode ser comparado directamente com poupanças previstas sob condições de consumo de referência.</li> </ul>	SIM	<p><b>Consumo de energia evitado (ou Poupança) =</b></p> <p>( Consumo de referência <math>\pm</math> Ajustes periódicos às condições do período de reporte <math>\pm</math> Ajustes não - periódicos às condições do período de reporte ) - Consumo do período de reporte</p>
<p><b>Base de Condições fixas ou Poupança Normalizada</b></p> <p>Neste método, os consumos do período de reporte e possivelmente do período do consumo de referência são ajustados das suas condições reais ao conjunto seleccionado de condições comuns fixas (ou 'normais').</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- não é afectado pelas condições do período de reporte uma vez que o conjunto fixo de condições é estabelecido uma única vez e não é alterado.</li> <li>- pode ser directamente comparado</li> </ul>		<p><b>Poupança Normalizada =</b></p> <p>(Consumo de referência <math>\pm</math> Ajustes periódicos às condições fixas <math>\pm</math> Ajustes não - periódicos às condições fixas) - ( Consumo do período de reporte <math>\pm</math> Ajustes periódicos às condições fixas <math>\pm</math> Ajustes não - periódicos às condições fixas )</p>

com poupanças previstas sob o mesmo conjunto fixo de condições. - apenas pode ser reportado depois de um ciclo completo de consumo de energia do período de análise, de modo a que a correlação matemática entre o consumo do período		
--	--	--

Detalhes ou referência a documento anexo:

Ajustes periódicos	Sim	Não	Ajustes não periódicos	Sim	Não
Ver o Anexo B do IPMVP, conselhos sobre a avaliação da validade dos métodos matemáticos.		Não	Alterações destes factores devem ser controladas durante todo o período de reporte. Ver secção 8.2 do IPMVP para explicação sobre os ajustes não periódicos.	Sim	

**6 - Procedimento de análise** – São especificados os procedimentos exactos de análise de dados, algoritmos e hipóteses a ser usadas em cada relatório de poupança. Para cada modelo matemático usado, reportar todos os seus termos e a gama de variáveis independentes para o qual é válido.

Detalhes:

<p><b>Método aplicável à situação de referência e de reporte: Etapa 1 a 3</b></p> <p><b>Etapa 1: Cálculo da energia consumida durante o período de medição</b></p> <p>A energia consumida durante o período de medição é registada mensalmente, consumos reais para toda a instalação.</p> <p><b>Etapa 2: Cálculo do valor anual de energia</b></p> <p>O valor anual de energia é calculado com base nos consumos reais.</p> <p><b>Etapa 3: Cálculo da economia do projecto, após medição no período de reporte</b></p> <p>O cálculo da economia do projecto será realizado com base na comparação entre os consumos antes e após a implementação das MRE.</p>
--

**7.- Preços da energia** - Indicar os preços da energia que serão empregues para avaliar a poupança, e se for o caso, como a poupança será ajustada se os preços mudarem durante o período de reporte, (ver IPMVP SECÇÃO 8.1).

A poupança dos custos é determinada, aplicando o plano de preços adequado na seguinte equação:

$$\text{Poupança dos custos} = C_b - C_r \quad 2)$$

Onde:

$C_b$  = Custo da energia do consumo de referência mais quaisquer ajustes

$C_r$  = Custo da energia do período de reporte mais quaisquer ajustes

- Os custos devem ser determinados, aplicando o mesmo plano de preços no cálculo de  $C_b$  e  $C_r$ .

Detalhes:

#### Nota sobre a construção da economia do projecto

Ao calcular a poupança deveremos ter em atenção que uma das MRE proposta consiste em alteração do tarifário.

Esta foi a tabela utilizada para o cálculo da poupança prevista uma vez que a facturação no período de referência foi feita de acordo com esta tabela. Uma das MRE propostas é a alteração do contracto de fornecimento de energia deixando a facturação de ser feita pelas tarifas de médias utilizações e passando a ser feita pela tarifa de longas utilizações.

Período trimestral	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de supervazio
Tarifas de Médias utilizações				
I	0,1072	0,0761	0,0472	0,0443
II	0,114	0,0765	0,05	0,0465
III	0,114	0,0765	0,05	0,0465
IV	0,1072	0,0761	0,0472	0,0443

**Tabela 3 - Tarifário de facturação de energia em 2007, Tarifas de médias utilizações.**

As condições do período de reporte serão usadas como base para reportar a poupança de energia (isto é, consumo de energia evitado secção 4.6.1), o plano de preços do período de reporte será utilizado para calcular o “custo evitado.”

No cálculo do custo evitado será utilizada a tabela de longas utilizações em vigor durante o período de reporte.

Total 1+2+3.. = 00000 kWh/ano
Preço unitário do kWh = 00,00 €/kWh
Economia financeira = 0000,00 €/ano

**8 - Especificações dos equipamentos de medição** - Especificar os pontos de contagem e períodos de contagem. Para os contadores que não são das empresas comercializadoras de energia, especificar: as características da contagem, a leitura do contador e protocolo de confirmação, procedimentos da colocação em serviço do contador, processo de calibração de rotina e método de tratamento de dados perdidos, (ver secção 8.11.1 do IPMVP).

Local de medida	Periodicidade	Instrumento de medição	Precisão	Pessoas presentes	Calibração do instrumento de medição
Universidade de Aveiro	mensal	Contador da empresa fornecedora de energia	padrão		Da responsabilidade da empresa fornecedora de energia.
Universidade de Aveiro	mensal	Sistema de Gestão de Consumos. das Residências 1 e 2			Verificada no momento de instalação
Universidade de Aveiro	mensal	Contador dos painéis fotovoltaicos			Verificada no momento de instalação

**9 - Responsabilidades de monitorização** - Atribuir as responsabilidades de reportar e registar os dados de energia, variáveis independentes e factores estáticos dentro da fronteira de medição durante o período de reporte.

Responsável	Registo de dados de energia	Variáveis independentes (3c)	Variáveis estáticas (3d)
Encarregado/ Operador:	Serviço de Acção Social da Universidade de Aveiro.	Serviço de Acção Social da Universidade de Aveiro.	Serviço de Acção Social da Universidade de Aveiro.
	A definir		A definir

**10 - Precisão esperada** - Avaliar a precisão esperada associada à medição, recolha de dados, amostragem e análise de dados. Esta avaliação deve incluir medidas qualitativas e todas as medidas quantitativas possíveis do nível de incerteza nas medições e ajustes a usar no relatório de poupança planeado (IPMVP, secção 8.3 e anexo B).

Expressão contratual dos resultados:

Nível de confiança	Precisão relativa:
--------------------	--------------------

$$\text{Poupança} > 2 * \text{Erro padrão}$$

Justificação:

São usadas as medições do consumo de energia feitas pela empresa fornecedora de energia. Neste caso não deve ser tomada em consideração a sua precisão.

**11 - Orçamento** - Definir o orçamento e os recursos necessários para a determinação da poupança, os custos iniciais estabelecidos e os custos contínuos durante o período de reporte.

	Instrumentação	Pesquisas e análises	Relatório
Período de referência	00,00€	00,00€	00,00€
Período de reporte	00,00€	100€	500€
TOTAL	00,00€	100€	500€
TOTAL GERAL			600€

Taxa entre orçamento do Pano de M&V / Ganhos Contratuais

$$\text{TAXA} = 6500\text{€} / 15252\text{€} = 3,93\%$$

**12. - Formato do relatório** - Indicar como os resultados serão reportados e documentados. Deve ser incluída uma amostra de cada relatório.

Ver formato tipo do relatório de verificação na secção 4.3.1 deste documento.

**13 - Garantia de qualidade** - Especificar os procedimentos de garantia de qualidade que serão empregues para os relatórios de poupança e todos os passos provisórios na preparação dos relatórios.

Detalhes ou referência a documento anexo:

Certificação da ESCO ou entidade responsável pelo PMV.

### 4.3. Anexos ao Plano de Medição e Verificação

Vários documentos poderão ser anexos ao plano de medição e verificação fornecendo maior detalhe sobre o mesmo sempre que se considere necessário.

O modelo de relatório de verificação é um documento chave neste processo e por este motivo se apresenta abaixo uma proposta de modelo de relatório de verificação.

#### 4.3.1 Relatório de verificação

Medição:		N.º de horas do período:	
Data de início:		Data de fim:	

#### Quadro resumo dos registos de medição no período de reporte

	Horas de cheio	Horas de vazio	Total energia eléctrica
	Energia	Energia	
Contador de energia eléctrica	kWh	kWh	
Contador de gás	kWh	kWh	
Contador de energia eléctrica (Fotovoltaico)	kWh	kWh	
Equipamento 5	kWh	kWh	
TOTAL E= introduzir formula de cálculo			E=0000kWh

#### Quadro resumo da ocupação

Deverá ser incluído no relatório caso se verifique que ocorreram alterações durante o período de reporte.


## Capítulo 5. Conclusões e Perspectivas Futuras

Procurou-se responder à pergunta de partida: **“Como elaborar um plano de medição e verificação para um projecto de eficiência energética?”** com base num estudo exploratório sobre as normas estabelecidas pela EVO e publicadas no Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético IPMVP, EVO 10000 1:2009.

A presente dissertação teve como principais preocupações estabelecer o estado de arte no que concerne aos procedimentos de medição e verificação em projectos de eficiência energética, compreender a organização de um plano de medição e verificação e estabelecer um modelo que facilite a sua construção.

Para atingir os objectivos propostos apostou-se numa revisão do estado de arte sobre medição e verificação do desempenho energético e em particular sobre os planos de medição e verificação em projectos de eficiência energética.

Procurou-se estabelecer a aplicação prática dos procedimentos de M&V em projectos de eficiência energética apresentando um modelo de plano de medição e verificação e fazendo a sua aplicação prática.

Como exemplo de aplicação apresenta-se o Plano de Medição e Verificação de acordo com o IPMVP, EVO 10000 – 1:2009 (PT) para o projecto de racionalização de consumo de energia em residências de estudantes da Universidade de Aveiro.

A elaboração de um plano de M&V constitui um documento de referência que facilita o seguimento do projecto e cria um fio condutor entre as diferentes fases do mesmo.

Com o modelo de Plano de M&V proposto e a sua aplicação prática os objectivos a que a presente dissertação se propõe ficam cumpridos.

Sugere-se que sejam desenvolvidos planos de medição e verificação para outros edifícios do *campus* da Universidade de Aveiro trabalho a desenvolver no futuro.

## Referências Bibliográficas

- [1] Gouveia, Joaquim Borges, A Energia e o Desenvolvimento Sustentável, DGEI, U. Aveiro, Maio 2006.
- [2] *Castanheira, Luís; Gouveia J. Borges*. Utilização Racional de Energia na Indústria, Seminário Cumprir Quioto: Desafios e Obstáculos, APEA – Abril 2004.
- [3] Moreira, Carlos de Arbués. Desenvolvimento sustentável um conceito no limiar da utopia, 2005. [http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/publicacoes/publicacoes\\_portugues/desenvolvimentosustentaveumconceitonolimiardautopia.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/publicacoes/publicacoes_portugues/desenvolvimentosustentaveumconceitonolimiardautopia.pdf), Acesso em Outubro de 2010.
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/2009\\_United\\_Nations\\_Climate\\_Change\\_Conference](http://en.wikipedia.org/wiki/2009_United_Nations_Climate_Change_Conference). Acesso em Outubro de 2010.
- [5] Vine. E. L. and Sathaye, J. A. The Monitoring, Evaluation, Reporting, Verification, And Certification Of Energy-Efficiency Projects, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 5: p 189–216, 2000. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- [6] Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010. Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE2020) Diário da República, 1.ª série — N.º 73 — 15 de Abril de 2010. Lisboa.
- [7] Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético. Conceitos e Opções para a Determinação de Poupança de Energia e de Água. Volume 1, Efficiency Valuation Organization, EVO 10000-1:2009. [www.evo-world.org](http://www.evo-world.org). Acesso em Setembro de 2010.
- [8] <http://www.worldenergy.org>. Acesso em Outubro de 2010.
- [9] [http://www.inee.org.br/escos\\_contratos.asp](http://www.inee.org.br/escos_contratos.asp). Acesso em Setembro de 2010.
- [10] M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects Version 3.0, U.S. Department of Energy Federal Energy Management Program. 2008, pp 306. [www1.eere.energy.gov/femp/](http://www1.eere.energy.gov/femp/). Acesso em Setembro de 2010.
- [11] ASHRAE Guideline 14-2002: Measurement of Energy and Demand Savings, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- [12] Guide des Interventions en Efficacité Énergétique. CLUBS2E – Club des Services d'Efficacité Énergétique, BOMA, Quebec, Montréal, Janeiro 2010. <http://www.clubs2e.org/Content/Default.asp>? Acesso em Setembro de 2010.



[13] Guide de la Mesure et de la Vérification pour les Services de l'Efficacité Énergétique. CLUBS2E – Club des Services d'Efficacité Énergétique, Paris, França, Janeiro 2009. <http://www.clubs2e.org/Content/Default.asp>? Acesso em Setembro de 2010.

[14] Monitoring Energy Savings – Na Overview Workshop for Owners” da Cowan Quality Buildings, Março 1996.